AUS DER UNIVERSITÄTSKLINIK
FÜR MUND- UND ZAHNKRANKHEITEN ROSTOCK
DIREKTOR: PROFESSOR DR. MED. ET PHIL. ET MED. DENT H. C. H. MORAL.

# UNTERSUCHUNGEN ÜBER METALLISCHES MAGNESIUM ALS WURZELFÜLLUNG

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR ERLANGUNG DER ZAHNÄRZTLICHEN DOKTORWÜRDE
EINER HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
DER UNIVERSITÄT ROSTOCK

VORGELEGT VON

HEINRICH WILHELMS
ZAHNARZT AUS SCHWARZENHOF

ROSTOCK
CARL HINSTORFFS HOFBUCHDRUCKEREI
1931

REFERENT:
PROF. DR. MED. ET PHIL. ET MED. DENT. H. C. *H. MORAL*

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

MEINEN ELTERN!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549215_0189

Bei der Wurzelbehandlung ist der therapeutische Erfolg zu einem großen Teil von dem Grade der Ausfüllung des Wurzelkanals durch das Wurzelfüllmaterial abhängig. Es wird u. a. gefordert, daß die Wurzelfüllung mit dem Foramen apicale abschließen soll. Da eine visuelle Kontrolle während des Füllens der Zähne nicht möglich ist, werden wir über eine gelegte Wurzelfüllung nicht mit Bestimmtheit aussagen können, daß sie diese Bedingung erfüllt. Dieser Unsicherheitsfaktor führt dazu, daß der Zahnarzt aus der Erwägung heraus, den Wurzelkanal unbedingt vollständig füllen zu müssen, Substanz durch das Foramen preßt, oder daß er andererseits aus Angst, Füllmaterial durch das Wurzelloch hindurchzutreiben, den Wurzelkanal nur unvollkommen füllt. Beim Durchpressen von Wurzelfüllmaterial durch die apikale Öffnung wird eine Schädigung des periapikalen Gewebes nicht ausbleiben können, solange einerseits zur Wurzelfüllung differente Medikamente in hohen Konzentrationen — wie sie in der konservierenden Zahnheilkunde immer noch üblich sind — Anwendung finden und andererseits die Füllsubstanz als Fremdkörper das Gewebe reizt. Sollen diese einen Mißerfolg bedingenden Nachteile behoben werden, so muß ein Material Verwendung finden, welches vom Gewebe nach kürzerer Zeit abgebaut werden kann und zugleich auf dieses stimulierend wirkt. Dann kann es nur erwünscht sein, Substanz jenseits des Wurzelloches zu deponieren, da dadurch sowohl die Ausfüllung des Wurzelkanals bis zum Foramen gewährleistet ist als auch das Medikament zu gesteigerter Zelltätigkeit anregt und damit die Heilung fördert.

Zunächst sind einige Worte über das Ziel der „Untersuchungen über metallisches Magnesium als Wurzelfüllung“ zu sagen. Die Versuche mit diesem Material wurden nur insofern angestellt, als sie mir zweckdienlich erschienen, und zwar soll der Zweck, den das Metall zu erfüllen hat,

darin bestehen, als kombiniertes Wurzelfüllungsmaterial in Form von Metallstift und metallischer Paste zu dienen. Hierbei soll u. a. besonders berücksichtigt werden, daß dieses Metall von lebenden Geweben resorbiert wird. Natürlich darf durch irgendwelche weiteren Zusätze, die schon allein nötig sind, um aus Magnesiumpulver eine Paste herzustellen, das Magnesium selbst nicht derart verändert werden, daß es in eine nicht resorbierbare Verbindung umgewandelt wird. Damit durch die Zusätze das Bild hinsichtlich der Resorption nicht verwischt wird, dürfen als solche auch nur Körper verwendet werden, die leicht vom Organismus resorbiert werden können.

Der Grundgedanke für die Untersuchungen ist somit festgelegt. Über den Wert dieses Metalles als Material für die Wurzelfüllung haben sowohl die Resultate der folgenden physikalischen und chemischen Prüfungen als auch die Folgerungen, die sich aus den bakteriziden Eigenschaften und dem Verhalten dieses Stoffes im Gewebe ergeben, zu entscheiden.

Das Magnesium kommt in der Natur in verschiedenen Mineralien als Silikat, Karbonat, Chlorid und Sulfat vor. Die Gewinnung des metallischen Magnesiums erfolgt fast ausschließlich aus dem geschmolzenen Karnallit, einem Magnesium-Kalium-Chlorid ($MgCl_2 \cdot KCl + 6H_2O$), durch Elektrolyse. Das silberweiße Leichtmetall mit einem spezifischen Gewicht von 1,75 schmilzt bei 633°. An trockener Luft ist es bei gewöhnlicher Temperatur ziemlich beständig. Die Reaktion zwischen Magnesium und Wasser ist bei niederer Temperatur schwach und wird auch durch Erhöhung bis zur Siedehitze nicht so sehr gesteigert, daß eine starke Zersetzung des Wassers eintritt. Wahrscheinlich bildet sich auf dem Metall eine Haut von schwer löslichem Magnesiumoxyd, wodurch die tiefer liegenden Metallteile einigermaßen vor dem Zutritt neuen Wassers geschützt werden, so daß die Oxydation des Magnesiums und die damit verbundene Wasserstoffabspaltung aus dem Wasser langsam vonstatten geht. Von Säuren wird das Magnesiumoxyd aufgelöst; daher tritt zwischen Magnesium und auch verdünnten Säuren eine energische Reaktion ein, bei

welcher je nach der Stärke der verwendeten Säure lebhaft Wasserstoffgas entwickelt wird. [Obige Angaben über das Magnesium sind den Lehrbüchern der Chemie von Hoffmann (23, S. 443)[1]) und von Thoms (54, S. 186) entnommen.]

Von der Industrie wird dieses Metall als Draht, Blech, Band und Pulver in den Handel gebracht. Zu den Versuchen wurde Magnesiumdraht und Magnesiumpulver verwendet, welches als reines Metall von der chemischen Fabrik Schering-Kahlbaum A.-G., Berlin, bezogen wurde.

Die Magnesiumstifte stellte ich aus 0,5 mm starkem Draht her. Nach einer von Frick (14, S. 22) angegebenen Methode befeilte ich den Draht oder schabte ihn mit Schabern resp. scharfkantig gebrochenem Glas dünner. Die so gefertigten Stifte glättete ich dann mit feinkörnigem Schmirgelleinen. Bei dieser Bearbeitungsart, die ziemlich umständlich ist, verkantet jedoch der Draht meistens, so daß man ihn flächig und nicht rund abarbeitet. Die fertigen Stifte zeigen außer Kanten und Flächen keinen schönen gleichmäßigen Verlauf von der Basis bis zur Spitze, sondern es wechseln besonders bei geschabten wiederholt dicke Stellen mit dünnen ab. Dadurch, daß es mit Feile und Schaber kaum möglich ist, den angespitzten Teil des Drahtes genügend dünn zu gestalten, und daß ferner die Verjüngung auf eine recht kurze Strecke beschränkt bleibt, erscheinen die Stifte von vornherein zur Füllung von Wurzelkanälen ungeeignet, wenn man eben verlangt, daß sie mindestens bis zum Foramen apicale vorgeschoben werden können. Nur bei Zähnen mit weiten Kanälen kann man mit solchen Stiften bis etwa in die Gegend des apikalen Wurzelteiles vordringen. Diese dargelegten Mängel sind jedoch nicht in der Beschaffenheit des Materials, sondern in der Herstellungsmethode begründet. Es gelang nämlich mittels eines rotierenden Schleifsteines, sich langsam und gleichmäßig verjüngende Stifte herzustellen. Die Methode gestaltet sich derart, daß man mit einem Brettchen das eine Ende eines Drahtes gegen die Stirnseite eines ro-

1) Von den in Klammern angeführten Zahlen bedeutet die erste die Nummer, unter welcher der betreffende Autor im Literaturverzeichnis angegeben ist, die zweite bezeichnet die Seite, auf welche sich jeweils bezogen wurde.

tierenden Schleifsteines drückt. Das Brett muß dabei mit der Fläche des Steines einen ganz kleinen spitzen Winkel, entsprechend der beabsichtigten Verjüngung des Stiftes, bilden. Um den angeschliffenen Teil des Drahtes rund zu erhalten, ist es notwendig, ihn während des Beschleifens um seine Längsachse zu drehen. Der Druck, den man mit dem Brett ausübt, darf nicht zu groß sein, weil dann der Draht so fest gegen den Stein gepreßt wird, daß er nicht mehr gedreht werden kann. Naturgemäß muß hierdurch, da dann der Schleifprozeß längere Zeit an ein und derselben Seite des Drahtes lokalisiert wird, eine Fläche resultieren. Die Form der Stifte läßt sich beliebig gestalten, da diese eine Funktion von der Größe des Winkels, in welchem die Fläche des Brettes und die des Steines zueinander stehen, und von der Länge des unter das Brettchen geschobenen Abschnittes des Drahtes darstellt. In der Abbildung 1 sind unter Nr. 1 und 2 die Spitzen zweier sehr dünner Magnesiumstifte wiedergegeben, deren größter Durchmesser unter 0,1 mm liegt.

Nr. 1 2 3 4

Abbildung 1.

Bei der Bearbeitung des Drahtes wurde die Feststellung gemacht, daß das Magnesium ziemlich leicht bricht, was besonders an stärkeren Drähten ($2r = 0{,}5$ mm) deutlich hervortrat. Dieser Umstand machte es unerläßlich, die Biegefähigkeit des Materials in verschiedenen Stärken nachzuprüfen. In Anlehnung an eine von Herbst (19; S. 648)

beschriebene Biegevorrichtung[1]) ließ ich mit einigen Änderungen einen Apparat herstellen, bei dem die den Bruch beeinflussenden Faktoren (auf S. 4) Berücksichtigung fanden. Der Biegeapparat besteht aus einer Einspann-

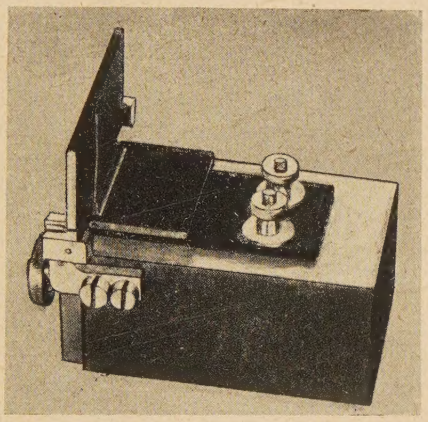


Abb. 2. Biegeapparat.

vorrichtung und der eigentlichen Biegevorrichtung. Mittels der ungeriffelten Klemmbacke werden die Drähte auf eine Länge von 3 cm eingespannt. Das Biegeaggregat setzt sich aus einer Biegebrücke und zwei Mitnehmern zusammen. Die Biegebrücke ist horizontal auf dem Sockel verschieblich und kann mittels zweier Schrauben in der gewünschten Stellung fixiert werden. An ihrem der Einspannvorrichtung zugekehrten Ende trägt sie einen Biegezylinder. Die Mitnehmer sind in einer Achse drehbar und lassen infolgedessen nur Bewegungen in einer Ebene zu. Sie können, da sie durch Anschlag gesichert sind, miteinander keinen größeren Winkel als 90° (Biegewinkel) einschließen. In der Ausgangsstellung steht der Mitnehmer, der mit dem Sockel gelenkig verbunden ist, senkrecht zur Horizontalbene des Sockels; der andere ist um die Achse des Biegezylinders

1. Die von Herbst angegebenen Maße für einen „Normal-Biegeapparat" sind durch Ministerialerlaß für Biegeversuche vorgeschrieben worden.

drehbar. Wichtige Maße der Apparatur, bei deren Änderung zugleich die Bruchwerte geändert würden, sind folgende:

Einspannlänge des Drahtes 3 cm,
Durchmesser des Biegezylinders 2,5 mm,
Abstand der Mitte des Biegezylinders von der Drahteinspannung (obere Sockelkante) 3 mm.

Der Halbmesser des Biegezylinders ist entsprechend der Herbstschen Maße (19, S. 653), nach welchen Drähte mit einem Durchmesser von 2,5 mm und mehr über einen Biegezylinder mit einem Krümmungshalbmesser von 7,5 mm, Drähte von 1,5—2,4 mm Durchmesser über einen solchen von 5 mm Krümmungsradius gebogen werden sollen, für die Biegungen der Magnesiumdrähte in den Stärken von 0,5—0,1 mm mit R = 1,25 mm gewählt worden. Dadurch, daß zwischen der Einspannung des Drahtes und der „Meßlänge" (der während des Biegens formveränderte Abschnitt) ein Abstand von 3 mm besteht, wird die durch die Einspannung erzeugte Pressung des Drahtes für den Biegeversuch ohne Einfluß sein. Der Biegezylinder überragt die Schieberplatte der Biegebrücke um ½ mm.

Nach dem Einspannen der Drähte wird die Biegebrücke an diese so weit herangeschoben, daß der Biegezylinder den Draht eben berührt. Hierdurch wird jede Pressung des Materials an der Biegestelle vermieden, und der Bruch ist einzig und allein von den ausgeführten Biegungen abhängig. Die Meßlänge ist, was unbedingt erforderlich ist, sichtbar und wird nach jeder Biegephase mit der Lupe beobachtet. Unter einer Biegung sind zwei Phasen zu verstehen: erstens das Abbiegen des Drahtes aus der Geraden bis zu einem Winkel von 90° und zweitens das Zurückbiegen in die Ausgangsstellung. Als Biegezahl ist diejenige Biegung bezeichnet, bei welcher der Bruch des Drahtes erfolgt. Einrisse im formveränderten Abschnitt sind mit dem Bruch zu identifizieren; eine vollkommene Kontinuitätstrennung braucht also nicht immer vorliegen.

In einer kurzen Übersicht (Tabelle I) sind die Ergebnisse der Biegeversuche zahlenmäßig zusammengestellt. Mit Magnesiumdrähten in den Stärken von 0,5, 0,4, 0,3, 0,2 und

0,1 mm wurden je 30 Biegeversuche vorgenommen, deren arithmetisches Mittel den mittleren Biegezahlen in der Tabelle entspricht. Die Schwankungen des Durchmessers der Drähte überschritten die nach den „Dinormen“ (34) zulässigen Abweichungen nicht.

Tabelle I.

| | Krümmungshalbmesser des Biegezylinders | Drahtstärken der gebogenen Mg-Drähte | Mittlere Biegezahlen |
|---|---|---|---|
| 1. | R = 1,25 mm | 0,5 mm | 2 |
| 2. | R = 1,25 mm | 0,4 mm | 4 |
| 3. | R = 1,25 mm | 0,3 mm | 9 |
| 4. | R = 1,25 mm | 0,2 mm | 20 |
| 5 | R = 1,25 mm | 0,1 mm | 31 |

Durch diese Biegungsversuche wurde bestätigt, daß das Magnesium ein relativ brüchiges Metall ist. Es trat aber auch deutlich hervor, daß die Biegezahlen mit Abnehmen der Drahtstärken anstiegen. Da nun in jenen Wurzelabschnitten, in denen Krümmungen aufzutreten pflegen, das Lumen des Kanals zumeist recht eng ist, so können in diese Teile auch nur Stifte mit kleinem Durchmesser vorgeschoben werden. Die Gefahr des Abbrechens liegt in diesen Stärken nicht vor.

Mit der in der Einführung gestellten Forderung, daß das Wurzelfüllungsmaterial in seiner Gesamtheit resorbierbar sein soll, ist die Zusammensetzung der Magnesiumpaste in gewissem Sinne schon bestimmt. Die Bestandteile, aus denen die Paste zusammengestellt wurde, waren Magnesiumpulver als Basis, Benzoesäure als Desinfiziens, Abrodil als Röntgenkontrastmittel und Glyzerin als Konstituens. Da staubfeines Magnesium nicht zu erhalten war, wurde das grobkörnige Präparat (Kahlbaum) im Mörser verrieben. Zur Vermeidung des „Schmierens“ und zur Ausschaltung der Oxydation wurde das Zermahlen unter absolutem Alkohol vorgenommen, welcher dann von Zeit zu Zeit mit den darin aufgeschwemmten Magnesiumteilchen abgegossen

wurde. Größeren beim Abgießen aus dem Mörser mit herausgeschwemmten Teilchen wurde in verschiedenen Standzylindern etappenweise Gelegenheit gegeben, sich abzusetzen, so daß in der Flüssigkeit zuletzt nur kleinste Teilchen verblieben. Nach Verdampfen des Alkohols blieb ein grauschwarzes Pulver zurück.

Bei mikroskopischer Betrachtung dieses Pulvers zeigte sich die Gestalt der einzelnen Partikelchen recht variabel. Ihre Dicke wechselte mit ihrer Größe von schwach durchscheinenden bis tiefschwarzen, undurchsichtigen Teilchen. Die Größe der einzelnen Körner kann wegen der Mannigfaltigkeit der Formen nur ungefähr angegeben werden. Kleine nicht meßbare Stäubchen bis Körner von etwa 50 μ Durchmesser zeigten sich im mikroskopischen Bilde. Der Menge nach waren Partikelchen mit einem Durchmesser von etwa 10 μ bis 35 μ am meisten anzutreffen (ca. 85 %).

Die einzelnen Substanzen ließen sich gut mischen und leicht zu einer Paste verreiben. Als diese nach einigen Tagen verwendet werden sollte, war sie großblasig aufgetrieben, obgleich zur Aufbewahrung ein verschlossenes Porzellangefäß gedient hatte. Beim Anstechen mit einer Nadel fielen diese Blasen langsam in sich zusammen, und das entweichende Gas war brennbar. Die gleiche Erscheinung wurde bei einer Paste beobachtet, die nur aus Glyzerin und Magnesium bestand. Die Blasenbildung blieb auch im Exsikator nicht aus. Etwa nach 3—4 Tagen war die Gasbildung scheinbar zum Stillstand gekommen.

Zur Klärung der Frage, durch welchen in der Paste enthaltenen Körper eine Umsetzung des Magnesiums erfolgte, wurde nach dem Prinzip der pneumatischen Wanne eine Versuchsanordnung getroffen, welche darin bestand, daß kleine mit dem zu untersuchenden Material gefüllte Glasröhrchen an ihren offenen Enden ausgezogen und V-förmig abgebogen wurden, damit weitere mit Paraffinöl gefüllte Röhrchen derart über die Öffnungen der Substanzröhrchen gestellt werden konnten, daß die eventuell entwickelten Gasmengen in die Gasfangröhren übertreten mußten. Die einzelnen Füllungen der Substanzröhrchen sind in der Tabelle II verzeichnet. Um auch das Verhalten von Glyzerin ohne Wasserbeimengung prüfen zu können, wurde das in Apotheken käufliche, welches immer wasser-

haltig ist, im Vakuum destilliert und so von Wasser befreit. Zu jedem Versuch wurden 5 mg Magnesiumpulver verwandt. Die eingeklammerten Prozentzahlen, die in der Tabelle bei einigen Stoffen angegeben sind, beziehen sich auf die zugefügte Flüssigkeitsmenge, die jedesmal insgesamt 0,6 ccm betrug. Vor dem Aufsetzen der Gasfangröhrchen wurden die mit dem Untersuchungsmaterial gefüllten Gläser fünf Minuten lang einer Temperatur von 37° C ausgesetzt. Erst dann stellte ich die Versuchsanordnung in einen Thermostaten, dessen Temperatur beständig auf 37° C gehalten wurde. Es konnte auf diese Weise ein durch die Ausdehnung der Flüssigkeit und Luft infolge der Temperaturerhöhung bedingtes Überströmen von Luft aus den Substanzröhrchen in die Gasfangröhrchen verhindert werden.

Die Menge des im Einzelfalle entwickelten Gases wurde aus der Höhe der in einer Gasfangröhre stehenden Gassäule, die in Millimetern abgelesen wurde, und der lichten Weite der Röhre (4,5 mm) berechnet. In der Tabelle sind die abgerundeten Rechenwerte der täglich entwickelten Gasmengen in Kubikzentimetern angegeben. Die erste Ablesung erfolgte nach 12 Stunden, alle weiteren aber von 24 zu 24 Stunden. Als Kontrollmaterial diente im Vakuum destilliertes Glyzerin.

Tabelle II (siehe nächste Seite).

Aus den in der Tabelle angegebenen Versuchsergebnissen geht hervor, daß die stärkste Gasbildung bei den Röhren eingetreten ist, die mit Wasser als Versatzmaterial angesetzt wurden. Bei den Versuchen, bei denen als Flüssigkeit das gewöhnliche käufliche Glyzerin zugesetzt war, erwies sich der entwickelte Wasserstoff quantitativ bedeutend geringer, und aus dem reinen Gemisch von im Vakuum destilliertem Glyzerin und Magnesium wurde kein Gas abgespaltet. Es ist ferner festzustellen, daß die Benzoesäure und das Abrodil in den Lösungen die chemische Umsetzung fördernd beeinflußten. Weiterhin ist es augenfällig, daß die Gasentwicklung in den ersten zwei bis drei Tagen bei weitem die größten Werte erreichte, dann sehr schnell abfiel und in der Folgezeit nur schwach und annähernd konstant verlief.

Tabelle II.

| Vers.-Nr. | Untersuchtes Reagens | Entwickelte Wasserstoffmenge in Kubikmillimetern | | | | | | | | Gesamtmenge des nach 30 Tagen entwickelten Wasserstoffes |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1. Tag | 2. Tag | 3. Tag | 4 Tag | 5. Tag | 6.—10. Tag | 11.—20. Tag | 21.—30. Tag | |
| 1. | Kontrolle: Glycerin (i. Vak. dest.) | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2. | Magnesiumpulver + Glycerin (im Vakum destilliert) | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 3. | Magnesiumpulver + Glycerin (i. Vak. dest ) + Benzoesäure (5%) | 48 | 112 | 80 | 48 | 32 | 32 | 32 | 16 | 0,400 ccm |
| 4. | Magnesiumpulver + Glycerin (i. Vak. dest ) + Benzoes. (20 %) | 96 | 192 | 80 | 32 | 32 | 64 | 64 | 16 | 0,576 ccm |
| 5. | Magnesiumpulver + Glycerin (i. Vak. dest.) Abrodil (20 %) | 160 | 32 | 16 | — | 16 | 32 | 32 | 16 | 0,304 ccm |
| 6. | Magn.-Pulv. + Glyc. (a. d. Apotheke) | 272 | 208 | 96 | — | 16 | 32 | 16 | 16 | 0,656 ccm |
| 7. | Magn.-Pulv. + Glyc. (a. d. Apotheke) + Benzoesäure (5 %) | 368 | 256 | 64 | 32 | 48 | 112 | 128 | 32 | 1,040 ccm |
| 8. | Magn.-Pulv + Glyc (i. Vak. dest.) und Aq. dest. (zu gleichen Teilen) | 656 | 480 | 144 | 64 | 48 | 128 | 32 | 32 | 1,584 ccm |
| 9. | Magn.-Pulv. + Aq. dest. | 1008 | 208 | 112 | 64 | 64 | 160 | 96 | 64 | 1,776 ccm |
| 10. | Magn.-Pulv. + Aq. dest. + Benzoesäure (5 %) | 1472 | 288 | 192 | 64 | 32 | 64 | 96 | 80 | 2,288 ccm |
| 11. | Magn.-Pulv. + Aq. dest. + Benzoesäure (5 %) + Abrodil (20 %) | 1456 | 336 | 64 | 48 | 64 | 160 | 96 | 112 | 2,336 ccm |
| 12. | Magn.-Pulv. + Aq dest. + NaCl (9%) | 992 | 384 | 112 | 48 | 32 | 144 | 128 | 64 | 1,904 ccm |
| 13. | Magn.-Pulv.+Aq dest.+NaOH (5%) | 928 | 544 | 96 | 64 | 32 | 80 | 80 | 48 | 1,872 ccm |
| 14 | Magn.-Pulv.+Aq dest.+NaOH ( 0%) | 1104 | 512 | 64 | 64 | 16 | 64 | 96 | 64 | 1,984 ccm |
| 15. | Magn.-Pulv.+Aq dest.+KOH (5%) | 880 | 368 | 192 | 32 | 32 | 176 | 144 | 96 | 1 920 ccm |
| 16. | Magn.-Pulv.+Aq dest.+KOH (10%) | 1120 | 304 | 144 | 96 | 64 | 144 | 96 | 112 | 2,080 ccm |

In unmittelbarem Zusammenhang mit diesen Versuchen stehen die Fragen, wie groß einerseits die Menge des entwickelten Wasserstoffgases bei restloser Umsetzung des Magnesiums sein wird, und welche Wassermenge andererseits zu diesem Vorgang notwendig ist. Die Umsetzung des Magnesiums mit Wasser besteht nach Hoffmann (23, S. 448) in einer langsamen Hydroxydbildung: $Mg(OH)_2$. Aus der Gleichung $Mg + 2H_2O = Mg(OH)_2 + H_2$ ergibt sich durch Einführung der Atomgewichte, daß 1 g Magnesium aus Wasser 0,08290 g Wasserstoffgas abspaltet. Da nun 1 Liter Wasserstoffgas bei einer Temperatur von 0° und 760 mm Druck 0,08995 g wiegt, stellt sich das Volumen des von einem Gramm Magnesium entwickelten Wasserstoffs auf 921,57 ccm. Bei 37° beträgt das Volumen 1046,75 ccm.

Das aus derselben Reaktionsformel errechnete Wasserquantum, das zur vollständigen Umsetzung von einem Gramm Magnesium erforderlich ist, beläuft sich auf 1,481 g.

Vergleichen wir nun diese theoretischen Werte mit den in den Versuchen vorliegenden Mengen, so ist zu erkennen, daß in allen mit Wasser angesetzten Röhrchen das Wasser bei weitem die zur vollkommenen Hydroxydbildung von 5 mg Magnesium nötige Mindestmenge überstieg, so daß in diesen Fällen ein Wassermangel nicht als Ursache für die Verlangsamung der Gasentwicklung angenommen werden darf. Was die entwickelte Wasserstoffmenge anbetrifft, so zeigt die Tabelle, daß die theoretische Menge, die sich für 5 mg bei 37° C und 700 mm Druck auf etwa 5,122 ccm stellt, nach einer Zeit von 4 Wochen in keinem Röhrchen annähernd entwickelt worden ist. Da nun aber das Volumen des abgespalteten Wasserstoffs direkt der Menge des oxydierten Magnesiums proportional ist, so können wir errechnen, wie groß die Menge des unveränderten Magnesiums ist.

Die unter Verwendung von vakuumdestilliertem Glycerin hergestellte Paste (Zusammensetzung auf S. 35 angegeben), die zu den Füllversuchen am Phantom, für das Tierexperiment und am Patienten verwendet wurde, entwickelte in den ersten Tagen nach ihrer Zubereitung so wenig Wasserstoffgas, daß nur eine verschwindend kleine Menge des Magnesiumpulvers umgesetzt sein konnte, wel-

cher in Bezug auf die Gesamtmenge des in der Paste enthaltenen Metalls keine Bedeutung beigemessen werden kann. Nach etwa 6 Tagen war eine Steigerung der Gasentwicklung nicht mehr festzustellen. Im verschlossenen Gefäß war die Paste monatelang haltbar. Wurde sie jedoch unverschlossen aufbewahrt, dann wandelte sich die schwarzgraue Paste allmählich in eine hellgraue bis weißliche Masse um. Diese Umwandlung der Paste, die auf Oxydation des Magnesiums beruht, wurde auch im klinischen Versuch beobachtet.

Einige weitere Versuche sind unter gleichen Bedingungen wie in Nr. 1—11 der Tabelle II angestellt worden. Der Versuch Nr. 12 zeigt, daß ein Salzgehalt (0,9 %ige NaCl-Lösung) die Reaktion zwischen Magnesium und Wasser etwas fördert, so daß wahrscheinlich auch der Zerfall des Metalles in Geweben durch die Anwesenheit von Blutsalzen beschleunigt wird. Wie die Versuche Nr. 13—16 erkennen lassen, steigern auch Laugen die Wasserstoffentwicklung. Unverständlich erscheint daher die Behauptung von Frick (14, S. 21/22), daß sich die „alkalischen Lösungen völlig reaktionslos" verhalten.

An einem wahllos gesammelten Material von 43 ein- und mehrwurzeligen extrahierten Zähnen wurde die Eignung der Paste und der Stifte als Wurzelfüllungsmaterial erprobt. Die Wurzelkanäle wurden sorgsam gereinigt und teilweise mit Rattenschwanzfeilen und Aufreibern unter Schonung des Foramen apicale erweitert. Hierauf wurde der Kanal mit Alkohol ausgewaschen, mit warmer Luft getrocknet und gefüllt. Infolge der dickrahmigen Konsistenz der Paste bereitete das Füllen der Kanäle keinerlei Schwierigkeiten. Die Stifte, die nun mit mäßigem Druck nachgeschoben wurden, folgten dem Verlaufe der Kanäle leicht, und ihre feinen Spitzen traten durch die apikalen Öffnungen der Wurzeln hindurch. Bei trocknen, stark gekrümmten Kanälen hatten sich die durchgetriebenen Spitzen hin und wieder umgelegt. Diese Erscheinung war bei den mit Paste vorgefüllten Zähnen niemals zu beobachten, was dadurch zu erklären ist, daß die Paste den Stiften eine Führung verleiht und als Schmiermittel wirkt, so daß die Stifte in

den schlüpfrigen Kanälen über eventuell vorhandene Unebenheiten hinweggleiten konnten. Die Kronenkavitäten der mit einer Wurzelfüllung versehenen Zähne wurden sofort mit Paraffin zugeschmolzen, und die über den Foramina apicalia hervorragenden Enden der Magnesiumstifte an ihrer Austrittsstelle zwecks Gewichtsbestimmung abgebrochen.

Nachdem die Zähne zwei Wochen mit dieser Füllung an trockener Luft aufbewahrt worden waren, wurden die Paraffinfüllungen wieder entfernt, und die Magnesiumstifte aus den Wurzelkanälen herausgezogen. Obgleich sie ziemlich fest in diesen steckten, konnten sie dennoch, ohne abzureißen, vollständig entfernt werden und zeigten auch an keiner Stelle irgendwelche Einrisse oder sonstige Defekte, die möglicherweise durch die Manipulationen hätten entstanden sein können.

Das Gewicht der aus den apikalen Öffnungen hervorragenden Magnesiumspitzen wurde aus den mit Hilfe eines Mikroskopes gewonnenen Maßen und aus dem spezifischen Gewicht von Magnesium errechnet. Die abgebrochenen Spitzen stellten sich unter dem Mikroskop als Kegelstümpfe dar (Abb. 1, Nr. 1 u. 2).

Die zur Messung gewählten optischen Systeme des Mikroskopes (Fabrikat: R. Winkel, Göttingen) waren folgende:

Erstes System für die Längenmessungen:

Ocular: complanatisches Mikrometerocular 3.
Objektiv: Lupenvergrößerung 1.
Tubus: Auszug 160 mm.

Zweites System für die Durchmessermessungen:

Ocular: complanatisches Mikrometerocular 3.
Objektiv: Fluorit-System, Brennweite 4,5.
Tubus: Auszug 160 mm.

Zur Eichung des Oculars diente eine in 200 Abschnitte geteilte Mikrometerskala von 2 mm Länge. Bei dem System, mit welchem die Längen der Magnesiumspitzen (= h, Höhe des Kegelstumpfes) gemessen wurden, fiel der 6,0. Teilstrich des Okularmikrometers mit 1,9 mm des Eichmikrometers zusammen, und es entsprachen somit dem Wert von 1,0 des Okularmikrometers $0{,}31\overline{6}$ mm = 316 µ. Das zur

Messung der Durchmesser ($2r$ = Durchmesser an der Basis und $2r_1$ = Durchmesser an der Spitze des Kegelstumpfes) angewandte zweite System zeigte ein Zusammenfallen des Teilstriches von 10,0 des Okularmikrometers, mit dem Teilstrich von 0,33 mm des Objektmikrometers, so daß in diesem Falle die absolute Entfernung von 0—1,0 des Okularmikrometers = 0,033 mm oder gleich 33 μ war.

Die Rechnung, welche beispielsweise an den unter Nr. 1 in der nachstehenden Tabelle III verzeichneten Werten für die betreffende Magnesiumspitze erläutert sein mag, gestaltet sich folgendermaßen:

Im Ocular wurden abgelesen:

Länge = h = 8,2.
Durchmesser an der Basis = $2r$ = 4,7.
Durchmesser an der Spitze = $2r_1$ = 2,7.

h in Mikron ergibt sich durch Multiplikation von 8,2 mit 316 μ = 2596 μ. Die Werte von $2r$ und $2r_1$ werden mit 33 μ multipliziert. Wir erhalten dann für $2r$ = 155 μ und $2r_1$ = 89 μ; folglich ist $r$ = 78 μ und $r_1$ = 45 μ. Diese Werte werden in die Formel für das Volumen eines Kegelstumpfes ($V = {}^1/_3 \pi h (r^2 + r \cdot r_1 + r_1^2)$) eingesetzt. Durch Einführung des spezifischen Gewichtes von Magnesium (1,75) resultiert das Gewicht (G). Die Rechnungsformel lautet somit:

$$G = 1{,}75 \cdot {}^1/_3 \pi h (r^2 + r \cdot r_1 + r_1^2)$$

| | | |
|---|---|---|
| Log. G = Log. 1,75 π $^1/_3$ | = Log. 1,8326 | = 0,26307 |
| Log. h | = Log. 2597 | = 3,41447 |
| Log. $(r^2 + r \cdot r_1 + r_1^2)$ = Log. 11619 | | = 4,06517 |
| | | 7,74271 |

Num. Log. G = 55,297 500
G = 55,298 γ

Tabelle III (siehe nächste Seite).

Bei der Bewertung der in der Tabelle III angegebenen Größen- und Gewichtsverhältnisse der durch die Foramina getriebenen Magnesiumspitzen, muß berücksichtigt werden, daß es sich um Füllungen am Phantom handelt. Daher dürfen die Werte nicht ohne weiteres auf Zähne im Munde

Tabelle III.

| Nr. | Zahn | Im Mikrometer-Okular abgelesene Maßzahlen für | | | Maßzahlen des Mikrometer-Okulars umgerechn. in Mikron | | | Gewicht der einzelnen Magnesium-spitzen in Gamma |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | h. | 2r. | $2r_1$. | h. | 2r. | $2r_1$. | |
| | | | | | μ | μ | μ | γ |
| 1 | $\underline{1}\|$ | 8,2 | 4,7 | 2,7 | 2 597 | 78 | 45 | 55,2 |
| 2 | $\overline{1}\|$ | 7,3 | 5,9 | 3,2 | 2 312 | 97 | 53 | 73,5 |
| 3 | $\overline{1}\|$ | 3,8 | 5,4 | 2,9 | 1 203 | 89 | 48 | 31,9 |
| 4 | $\underline{1}\|$ | 7,9 | 5,5 | 2,9 | 2 502 | 91 | 48 | 68,5 |
| | | 5,2 | 5,4 | 2,4 | 1 647 | 89 | 40 | 39,4 |
| | | 6,6 | 6,1 | 3,0 | 2 090 | 101 | 50 | 67,9 |
| 5 | $\|\underline{1}$ | 4,6 | 5,8 | 3,1 | 1 457 | 96 | 51 | 44,6 |
| 6 | $\|\overline{1}$ | 5,7 | 6,3 | 3,4 | 1 805 | 104 | 56 | 65,4 |
| 7 | $\overline{2}\|$ | 4,4 | 3,4 | 3,2 | 1 393 | 56 | 53 | 22,7 |
| 8 | $\overline{2}\|$ | 4,4 | 2,1 | 1,5 | 1 393 | 35 | 25 | 6,9 |
| 9 | $\|\underline{2}$ | 7,2 | 6,1 | 2,1 | 2 280 | 101 | 35 | 62,5 |
| 10 | $\|\overline{2}$ | 4,3 | 2,6 | 1,4 | 1 362 | 43 | 23 | 8,4 |
| 11 | $\overline{1}\|$ | 3,8 | 2,2 | 1,7 | 1 203 | 36 | 28 | 6,8 |
| 12 | $\underline{1}\|$ | 8,9 | 3,4 | 1,8 | 2 818 | 56 | 30 | 29,5 |
| 13 | $\underline{3}\|$ | 5,8 | 5,2 | 1,6 | 1 837 | 86 | 26 | 34,7 |
| 14 | $\overline{3}\|$ | 7,2 | 4,2 | 2,2 | 2 280 | 69 | 36 | 35,6 |
| 15 | $\overline{3}\|$ | 6,5 | 4,1 | 3,0 | 2 058 | 68 | 50 | 39,6 |
| 16 | $\overline{3}\|$ | 6,4 | 5,1 | 2,9 | 2 027 | 84 | 48 | 49,7 |
| 17 | $\overline{3}\|$ | 4,1 | 4,4 | 2,7 | 1 298 | 73 | 45 | 25,3 |
| 18 | $\|\overline{3}$ | 5,3 | 4,0 | 2,9 | 1 678 | 66 | 48 | 30,2 |
| 19 | $\|\overline{3}$ | 5,4 | 2,7 | 1,4 | 1 710 | 45 | 23 | 11,2 |
| 20 | $\|\overline{3}$ | 3 6 | 4,1 | 2,0 | 1 140 | 68 | 33 | 16,6 |
| 21 | $\overline{3}\|$ | 3,7 | 4,7 | 2,3 | 1 172 | 78 | 38 | 22,5 |
| 22 | $\|\overline{3}$ | 2,7 | 4,7 | 3,2 | 855 | 78 | 53 | 20,4 |
| 23 | $\underline{4}\|$ | 7,1 | 4,0 | 2,8 | 2 248 | 66 | 46 | 39,1 |
| | | 6,2 | 4,2 | 3,0 | 1 963 | 69 | 50 | 38,5 |
| 24 | $\underline{4}\|$ | 5,8 | 5,2 | 2,9 | 1 837 | 86 | 48 | 46,5 |
| | | 5,2 | 4,9 | 3,1 | 1 647 | 81 | 51 | 40,1 |
| 25 | $\overline{4}\|$ | 4,3 | 3,6 | 1,9 | 1 362 | 59 | 31 | 15,6 |
| 26 | $\overline{4}\|$ | 2,7 | 4,6 | 2,7 | 855 | 86 | 45 | 17,5 |
| 27 | $\|\overline{4}$ | 2,9 | 3 6 | 1,8 | 918 | 59 | 30 | 10,3 |
| 28 | $\underline{5}\|$ | 2,3 | 4,0 | 1,8 | 728 | 66 | 30 | 9,6 |
| | | | | | | | Übertr. | 1 086,2 |

| Nr. | Zahn | Im Mikrometer-Okular abgelesene Maßzahlen für | | | Maßzahlen des Mikrometer-Okulars umgerechn. in Mikron | | | Gewicht der einzelnen Magnesium-spitzen in Gamma: |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | h. | 2r. | $2r_1$. | h. | 2r. | $2r_1$. | |
| | | | | | μ | μ | μ | γ |
| | | | | | | | Übertr. | 1 086 2 |
| 29 | ⌊5 | 6,4 | 5,4 | 2,9 | 2 027 | 89 | 48 | 53,8 |
| 30 | ⌊5 | 5,3 | 3,7 | 2 1 | 1 678 | 61 | 35 | 21,7 |
| 31 | 5⌋ | 5,8 | 4,9 | 2,1 | 1 837 | 81 | 35 | 35,7 |
| 32 | 5⌋ | 5,1 | 2,7 | 1,3 | 1 615 | 45 | 21 | 10,0 |
| 33 | 5⌋ | 3,4 | 3 9 | 2,2 | 1 077 | 64 | 36 | 15,1 |
| | | 4,2 | 3 6 | 2,2 | 1 330 | 59 | 36 | 16,8 |
| 34 | ⌊6 | 7,7 | 4,7 | 2.3 | 2 438 | 78 | 38 | 46,8 |
| | | 4,3 | 6.0 | 3,7 | 1 362 | 99 | 61 | 48 8 |
| | | 4,2 | 5,0 | 3,2 | 1 330 | 83 | 53 | 34,3 |
| 35 | ⌊6 | 5,4 | 5,7 | 3,3 | 1 710 | 94 | 54 | 52,7 |
| | | 2,9 | 3,3 | 1.9 | 918 | 54 | 31 | 9,3 |
| | | 7,9 | 4,8 | 2,4 | 2 502 | 79 | 40 | 50,4 |
| 36 | ⌊6 | 7,8 | 3,8 | 2,1 | 2 470 | 63 | 35 | 33,4 |
| | | 7,2 | 6,1 | 4,2 | 2 280 | 101 | 69 | 91,6 |
| | | 7,9 | 4,0 | 2 4 | 2 502 | 66 | 40 | 39,4 |
| 37 | 6⌋ | 5,1 | 6,4 | 3,2 | 1 615 | 106 | 53 | 58,1 |
| | | 5.0 | 5,7 | 3,5 | 1 583 | 95 | 58 | 51,9 |
| | | 5,0 | 4,0 | 3,2 | 1 583 | 66 | 53 | 30,9 |
| | | 7,1 | 3,4 | 2,8 | 2 248 | 56 | 46 | 32,2 |
| 38 | 6⌋ | 7,0 | 5 0 | 2,6 | 2 217 | 83 | 43 | 50,0 |
| | | 4.6 | 5,4 | 3.3 | 1 457 | 89 | 54 | 41,7 |
| | | 6,1 | 4,2 | 2,8 | 1 932 | 69 | 46 | 35,5 |
| 39 | ⌊6 | 3,1 | 4,5 | 2,1 | 982 | 74 | 35 | 16,7 |
| | | 4,0 | 4,2 | 1,9 | 1 267 | 69 | 31 | 18,2 |
| | | 4.8 | 4,2 | 1.8 | 1 520 | 69 | 30 | 21,5 |
| 40 | ⌊7 | 5,2 | 4,8 | 2 4 | 1 647 | 79 | 40 | 33,2 |
| | | 3,0 | 4,0 | 3,2 | 950 | 66 | 53 | 18,5 |
| | | 4,4 | 4,3 | 2,3 | 1 393 | 71 | 38 | 23,4 |
| 41 | 7⌋ | 5,7 | 5,4 | 2,2 | 1 805 | 89 | 36 | 41,0 |
| 42 | ⌊8 | 4,4 | 5,1 | 2,7 | 1 393 | 84 | 45 | 32 8 |
| 43 | 8⌋ | 3,3 | 4,6 | 3,2 | 1 045 | 76 | 53 | 24,1 |
| | | | | | | | | Sa. 2 157,7 |
| | | | | | | | | (= 2,1757 mg.) |

übertragen werden. Sie sind als Maxima aufzufassen, die beim Patienten vielleicht unter optimalen Bedingungen annähernd erreicht werden können und stellen somit Grenzwerte dar, über die hinaus es kaum gelingen wird, metallisches festes Magnesium durch das Foramen apicale hindurchzubringen.

Aus dem bisher Angeführten erhellt, daß das Magnesium in Stift- und Pastenform den Anforderungen, die man an ein kombiniertes Wurzelfüllmaterial in bezug auf seine physikalischen Eigenschaften und seine Verarbeitungsmöglichkeit stellen muß, genügt. Erst dadurch, daß diese Vorbedingung erfüllt ist, erlangen die für die Beurteilung eines Medikaments wichtigen Untersuchungen sowohl in bakteriologischer und pathologischer als auch in klinischer Hinsicht ihre Berechtigung.

In den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts beobachtete v. Nägeli, daß niedere Organismen durch gewisse Metalle abgetötet oder in ihrer Entwicklung gehemmt wurden. Er nannte diese Erscheinung Oligodynamie. Seitdem ist der bakteriziden Wirkung der Metalle verschiedentlich Beachtung geschenkt worden, und mancherlei Theorien wurden zu ihrer Erklärung aufgestellt. Während u. a. Saxl (47, S. 108) und Pfab (42, S. 1918) die oligodynamischen Vorgänge als eine auf physikalischer Energie beruhende Strahlenwirkung deuteten, handelt es sich nach der Auffassung der Mehrzahl der Autoren um Lösungserscheinungen, wobei der bakterizide Wirkungsgrad durch die Metallionenkonzentration der betreffenden Lösung bedingt ist (4, S. 41; 13, S. 2627; 27, S. 848; 52, S. 1901; 57, S. 197). Herzberg (20, S. 76) trennt eine Metallgiftwirkung strenge von der eigentlichen durch Sauerstoff ausgelösten Oligodynamie; die Metallionen üben nach ihm eine vermittelnde Rolle aus, indem sie als Sauerstoffüberträger dienen. Leitner (28, S. 1956) hingegen äußert sich über das Wesen der Oligodynamie mit folgenden Worten: „Die oligodynamische Wirkung der Metalle ist dieselbe wie die der Metallsalze. Beide wirken nur durch die in Lösung gehenden Metallionen, und gleiche Metallionenkonzentrationen haben gleiche bakterizide Wirkungen — ob sie vom

blanken Metall oder vom Metallsalz stammen." Ein blankes, besser gesagt, ein chemisch unverändertes Metall, wird demnach keine bakterizide Wirkung entfalten können und kann erst wirksam werden, wenn es in dissoziierbare Verbindungen übergeführt ist. An einer solchen Umwandlung beteiligen sich vor allem Sauerstoff und Kohlendioxyd (52, S. 1900 01), da diese zumeist zugegen sind. Durch den Nachweis sowohl von Metallionen (1, S. 26; 50, S. 969; 57, S. 197) als auch von Metall in Substanz (13, S. 2627) ist die stoffliche Beteiligung der Metalle bei der Oligodynamie außer Frage gestellt, und keine unbekannten oder undefinierbaren Energieformen brauchen zur Erklärung oligodynamischer Phänomene herangezogen werden.

In der konservierenden Zahnheilkunde ist besonders das metallische Silber als Wurzelfüllmaterial wegen seiner oligodynamischen Wirkung benutzt worden. Da der bakteriziden Wirkung dieses Metalles teilweise eine große Bedeutung beigelegt wird, wurde auch das Magnesium hinsichtlich seines Einflusses auf Mikroben untersucht [1]).

Zur Prüfung der Flächenwirkung wurden Magnesiumstifte auf oberflächlich mit Proteus vulgaris, Bacterium coli commune und Staphylococcus pyogenes aureus beimpfte Agarplatten sofort nach dem Verreiben des betr. Stammes gelegt. Zur Ermittlung der Tiefenwirkung war die Anordnung dahin geändert, daß die auf dem Boden der Petrischalen verteilten Magnesiumstifte mit keimvermischtem Agar in einer Schichtdicke von etwa 1,5—2 mm übergossen wurden. Die Magnesium- und die zum Vergleich gewählten Silberstifte (aktivierte Ag-Stifte der Antheoswerke) waren 1 cm lang. Die Kulturen wurden 24 Stunden bei 37° C bebrütet. Nach 18 Stunden wiesen die Magnesiumstifte Korrosionserscheinungen auf, und der Nährboden war in der unmittelbaren Umgebung des Metalles weißlich verfärbt. Durch diese Veränderungen wurde die Erkennung der beeinflußten Zonen erschwert. Es konnte aber trotzdem bei aller Vorsicht in der Beurteilung festgestellt werden, daß das Magnesium einen schädigenden

1) Die bakteriologischen Untersuchungen wurden im hiesigen Landestierseuchenamt vorgenommen; Direktor: Professor Dr. med. vet. et phil. K. Poppe.

Einfluß auf die Kulturen ausgeübt hatte. Bei dem Silber war die Wirkung stärker ausgeprägt.

Zur Prüfung in Bouillonkulturen (Proteus vulgaris, Bacterium coli commune und Staphylococcus pyogenes aureus) wurden in einen Kubikzentimeter der Flüssigkeit je ein Magnesium- oder Silberstift gelegt. Die Bouillon wurde 24 Stunden bebrütet und weitere 24 Stunden bei Zimmertemperatur belassen. Nach diesen zwei Tagen hatten die Metalle keine feststellbare bakterizide Wirkung entfaltet; nicht einmal eine geringste Wachstumshemmung war zu verzeichnen.

Zur näheren Analysierung wurden Bouillonkulturen von Bacterium coli commune und Staphylococcus pyogenes aureaus, die 24 Stunden im Thermostaten bei 37° C gehalten worden waren, in großen Verdünnungen untersucht (Tabelle IV). Es wurden 0,25 ccm des Ausgangsmaterials mit 100 ccm physiologischer Kochsalzlösung, destilliertem Wasser oder destilliertem Wasser mit 1 % Serumzusatz vermischt. Die in einer Platinöse der so gewonnenen Verdünnungen enthaltene Anzahl der Keime ist in der Tabelle mit 100 (= 100 %iges Wachstum) eingesetzt worden. Von den Verdünnungen wurde je 1 ccm in Versuchsgläser abpipettiert und der Einwirkung verschiedener Magnesiumdrähte von 1 cm Länge und 0,5 mm Durchmesser ausgesetzt. Nach verschieden langer Einwirkung wurden aus den Versuchsgläsern Abimpfungen mit einer Platinöse auf Agarplatten vorgenommen, so daß ein schädigender Einfluß auf diese Weise auch zeitlich verfolgt werden konnte. Nachdem die Platten 24 Stunden im Brutschrank gestanden hatten, wurden nach 2 Tagen die Tabellenwerte ermittelt. Das Ergebnis war eindeutig positiv. Abhängig von der Menge des angewandten Magnesiums erfolgte die Abtötung von Bacterium coli commune und von Staphylococcus pyogenes aureus nach 4 bis 6 bis 8 Stunden.

## Tabelle IV.

**Bouillon-Kulturen in großer Verdünnung.**

*1. Stamm: Bacterium coli commune.*

Verdünnung: 0,25 Kubikzentimeter einer 24stündig bebrüteten Bouillonkultur auf:

a) 100 Kubikzentimeter physiologische Kochsalzlösung.
Keimgehalt dieser Verdünnung 20 000 Keime in einer Platinöse (= 100); Füllung der Reagensgläser mit 1 Kubikzentimeter dieser Verdünnung.

| Wirksames Reagens | Keimgehalt nach ½ | 1 | 2 | 4 | 6 | 8 Stunden |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Kontrolle | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 1 Mg Draht | 100 | 75 | 50 | 25 | — | — |
| 2 Mg Drähte | 100 | 50 | 25 | 3 | — | — |
| 4 Mg Drähte | 100 | 40 | 15 | — | — | — |
| 8 Mg Drähte | 100 | 40 | 2 | — | — | — |

b) 100 Kubikzentimeter destilliertes Wasser.
Keimgehalt und Flüssigkeitsmenge wie unter 1a.

| Wirksames Reagens | Keimgehalt nach ½ | 1 | 2 | 4 | 6 | 8 Stunden |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Kontrolle | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 1 Mg Draht | 100 | 100 | 100 | 50 | 5 | — |
| 2 Mg Drähte | 100 | 100 | 80 | 50 | 5 | — |
| 4 Mg Drähte | 100 | 80 | 80 | 25 | 1 | — |
| 8 Mg Drähte | 100 | 80 | 50 | 20 | — | — |

c) 100 Kubikzentimeter dest. Wasser mit Zusatz von 1% Serum.
Keimgehalt und Flüssigkeitsmenge wie unter 1a.

| Wirksames Reagens | Keimgehalt nach ½ | 1 | 2 | 4 | 6 | 8 Stunden |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Kontrolle | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 1 Mg Draht | 100 | 100 | 100 | 80 | 5 | — |
| 2 Mg Drähte | 100 | 100 | 100 | 50 | 1 | — |
| 4 Mg Drähte | 100 | 100 | 100 | 25 | — | — |
| 8 Mg Drähte | 100 | 100 | 100 | 20 | — | — |

*2. Stamm: Staphylococcus pyogenes aureus.*

Verdünnung: 0,25 Kubikzentimeter einer 24stündig bebrüteten Bouillonkultur auf:

a) 100 Kubikzentimeter physiologische Kochsalzlösung.

Keimgehalt dieser Verdünnung 6000 Keime in einer Platinöse (= 100); Füllung der Reagensgläser mit 1 Kubikzentimeter dieser Verdünnung.

| Wirksames Reagens | Keimgehalt nach ½ | 1 | 2 | 4 | 6 | 8 Stunden |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Kontrolle | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 1 Mg Draht | 100 | 100 | 50 | 5 | — | — |
| 2 Mg Drähte | 100 | 100 | 50 | 3 | — | — |
| 4 Mg Drähte | 100 | 80 | 40 | 3 | — | — |
| 8 Mg Drähte | 100 | 80 | 30 | 1 | — | — |

b) 100 Kubikzentimeter destilliertes Wasser.
Keimgehalt und Flüssigkeitsmenge wie unter 2a.

| Wirksames Reagens | Keimgehalt nach ½ | 1 | 2 | 4 | 6 | 8 Stunden |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Kontrolle | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 1 Mg Draht | 100 | 100 | 60 | 60 | 3 | — |
| 2 Mg Drähte | 100 | 100 | 60 | 50 | 1 | — |
| 4 Mg Drähte | 100 | 100 | 50 | 40 | — | — |
| 8 Mg Drähte | 100 | 100 | 50 | 20 | — | — |

c) 100 Kubikzentimeter dest. Wasser mit Zusatz von 1% Serum.
Keimgehalt und Flüssigkeitsmenge wie unter 2a.

| Wirksames Reagens | Keimgehalt nach ½ | 1 | 2 | 4 | 6 | 8 Stunden |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Kontrolle | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 1 Mg Draht | 100 | 100 | 100 | 80 | 5 | — |
| 2 Mg Drähte | 100 | 100 | 80 | 50 | 1 | — |
| 4 Mg Drähte | 100 | 100 | 80 | 10 | — | — |
| 8 Mg Drähte | 100 | 100 | 40 | 5 | — | — |

Bei diesen Resultaten darf nicht außer acht gelassen werden, daß einerseits die Flüssigkeiten keimarm und andererseits die Ernährungsbedingungen zum mindesten bei zwei Versuchsreihen (NaCl-Lösung und Aq. dest.) ausgesprochen ungünstig waren, so daß eine Vermehrung der Mikroben, die ohne Frage in Nährbouillon stark fortschreiten würde, hier nicht statthaben konnte.

Von den Methoden, mit denen eine Verstärkung der oligodynamischen Wirkung erreichbar sein soll, sei u. a. auf die von Trebitsch eingegangen, nach welcher eine Vermehrung der bakteriziden Kraft des Silbers dadurch erzielt werden könne, daß Hochfrequenzstrom durch das Metall geleitet wird. Der Autor sagt darüber: „In dem Unterschied zwischen durchströmter und nicht durchströmter Silberplatte zeichnet der Hochfrequenzstrom selbst seine eigene bakterizide Wirkung kontrollierbar auf, die das Silber aufzuspeichern imstande ist." (55, S. 72.) In entsprechenden von mir angestellten Versuchen mit Proteus vulgaris, Bacterium coli commune und Staphylococcus pyogenes aureus wurde auf Agarplatten sowohl die Oberflächen- als auch die Tiefenwirkung geprüft. Das Ergebnis war negativ. Weder das Magnesium noch das Silber (1 cm lange Drähte) ließen eine Vermehrung der bakteriziden Wirkung infolge Durchleitung des Hochfrequenzstromes erkennen.

Zu den Versuchen auf Agarplatten sei noch bemerkt, daß es um verschiedene Mg- und Ag-Drähte zur Ausbildung eines mehr oder weniger deutlichen Randwulstes (Löhner) kam. Die Entstehung einer solchen stark entwickelten Wachstumszone dürfte nach dem biologischen Grundgesetz (Arndt-Schulz) dahin zu erklären sein, daß stärkste Reize die Lebenstätigkeit aufheben (keimfreie Zone), starke sie hemmen (Zone der Wachstumshemmung), mittelstarke sie fördern (Zone stärkster Entwicklung = Randwulst) und schwache sie nur wenig anfachen (Zone wenig gesteigerten Wachstums zwischen Randwulst und unbeeinflußter Kultur).

Die Versuche haben gezeigt, daß das Magnesium einen schädigenden Einfluß auf Mikroorganismen ausübt, daß aber die bakterizide Wirkung dieses Metalles absolut betrachtet recht gering ist. Faktoren, die bei der oligodyna-

mischen Wirkung immer mit in Rechnung gestellt werden müssen, sind die Erschöpfung des Metalles (28, S. 1956; 56, S. 10), Gewöhnung der Mikroben an den Reiz des Metalles (56, S. 10) und der Umstand, daß eine Entkeimung nur bei großer Keimarmut möglich ist (27, S. 848). Hinzu kommt weiter, daß die Wachstumsbedingungen für Mikroorganismen im Wurzelkanal günstig sind, und daß eine Desinfektion des infizierten Kanals durch verschiedene Momente erschwert wird. So können wir kaum erwarten, daß durch oligodynamische Wirkung dieses oder jenes Metalles die Hoffnung auf eine Desinfektion des Wurzelkanals erfüllt wird; ist es doch mit anderen Medikamenten von weit stärkerem Wirkungsgrad nicht möglich, dieses Ziel zu erreichen.

In allen Fällen, in denen wir dem Wurzelfüllungsmaterial ein Desinfiziens beigeben, müssen wir von diesem verlangen, daß es gewebsfreundlich ist. Ein solches reizloses und zugleich auch in verhältnismäßig großen Dosen ungiftiges Antiseptikum ist die Benzoesäure (29, S. 312; 26, S. 71), die in Wasser löslich ist und auch vom Organismus resorbiert wird. Nach Kaufmann (25, S. 345) werden von einer 0,23 %igen Benzoesäurelösung Staphylokokken in 24 Stunden abgetötet. Die Menge dieses der Magnesiumpaste zugegebenen Antiseptikums belief sich etwa auf 2 % (siehe Seite 35).

Die Resorbierbarkeit des Magnesiums durch lebendes Gewebe läßt dieses unter den übrigen Metallen eine Sonderstellung einnehmen. Payr gebührt das Verdienst, hierauf im Anfang dieses Jahrhunderts hingewiesen zu haben. Er verwendete das Metall besonders zur Blutgefäß- und Nervennaht (35, S. 67; 36, S. 726; 37, S. 32), zur Behandlung von cavernösen Tumoren (sog. Magnesiumpfeilbehandlung) (38, S. 503; 40, S. 1335) und bei Verletzungen parenchymatöser Organe wie z. B. bei der Leberresektion (39, S. 513; 41, S. 962). Mit jener Methode von Chlumsky (3, S. 921), welcher Magnesium in Gelenkspalten von Tieren einführte, kann die von Hübscher (24, S. 785) in Parallelstellung gebracht werden, der es bei Ankylose interponierte. Besonders erwähnenswert sind die experi-

mentellen Untersuchungen von Glaß (17, S. 352) und jene von Hoffheinz und Dimitroff (22, S. 346). Außerdem seien an dieser Stelle noch die Arbeiten von Höpfner (21, S. 417) und Reinsholm (45, S. 107) genannt.

Eindeutig geht aus allen diesen Abhandlungen hervor, daß parenteral in den Organismus eingeführtes Magnesium nach einer verhältnismäßig kurzen Zeit verschwindet, und zwar durch einen Vorgang, den man als Resorption bezeichnet hat. Da bei diesen Resorptionsvorgängen auch Gegensätzliches zur Beobachtung gelangte (Payr/Reinsholm Glaß/Hoffheinz und Dimitroff etc.), stellte ich einige Tierexperimente an, um an eigenen Versuchen die Resorption des Magnesiums studieren zu können. Außerdem war es nötig, die Wirkung der Magnesiumpaste auf lebendes Gewebe kennen zu lernen, damit die durch das Tierexperiment möglicherweise entdeckten Mängel abgestellt werden konnten, bevor die Paste zur Patientenbehandlung verwandt wurde.

Als Versuchstiere dienten weiße Mäuse, von denen die eine Gruppe mit Magnesiumstiften, die andere mit Paste behandelt wurde. Die Operationstechnik war in allen Fällen dieselbe. Mit sterilem Instrumentarium wurde das keimfreie Untersuchungsmaterial subkutan eingepflanzt. Auf dem Rücken der Tiere wurden in einem Umkreis von etwa 1 cm die Haare kurz geschnitten und nach gründlicher Reinigung wurden diese Stellen mit einem Jodanstrich versehen. Mittels einer Schere wurde ein kleiner Hautschnitt ausgeführt. Durch diese Wunde wurde dann in der einen Versuchreihe eine kleine Magnesiumspitze eingeschoben, in der andern etwas Paste mit einer Rekordspritze unter die Haut injiziert. Da die gesetzten Wunden zum Anlegen einer Naht zu klein erschienen, wurden sie mit Albertol verklebt. Die Tiere schienen durch diesen kleinen Eingriff kaum mitgenommen zu sein und waren auch in der Folgezeit nicht minder munter als nicht behandelte Kontrolltiere. Die Heilung der Hautwunden verlief, da auch Infektion nicht eintrat, ohne Komplikationen. Bei den Tieren, bei denen Magnesiumstifte implantiert waren, konnten keine Gascysten infolge einer Wasserstoffentwicklung beobachtet werden. Kein einziger Stift wurde abgestoßen. In jener Versuchsreihe, in welcher Paste ein-

geführt worden war, wurde in zwei Fällen eine Intumeszenz von der Größe einer kleinen Erbse festgestellt. Es bildete sich hier nach etwa einem Tage eine ödematöse Auftreibung aus. Beim Befühlen konnte man ein leises Gewebsknistern wahrnehmen. Schon am folgenden Tage wurde diese Schwellung, deren klinisches Bild etwa dem eines Emphysema subcutaneum entsprach, als Ausdruck einer fortschreitenden Resorption des Wasserstoffes weicher und verkleinerte sich dann. Am dritten, spätestens am vierten Tage nach der Behandlung war von einer Gasgeschwulst nichts mehr festzustellen. Weitere Besonderheiten traten nicht ein. Es mag daher genügen, zur Orientierung über die bei diesen Versuchen verwendeten Gewichtsmengen sowie über die zeitlichen Daten in Tabellenform zu berichten (Tabelle V). Die Magnesiumstifte wurden vor der Einführung mit der Mikrometerschraube gemessen. Ihre Gewichtsberechnung erfolgte nach dem auf S. 18 angegebenen Schema. Die Menge der injizierten Paste kann nicht genau angegeben werden; schätzungsweise wurden etwa zwei Tropfen durch die weite Kanüle getrieben.

Tabelle V (siehe nächste Seite).

Da die während der Resorption auftretenden Erscheinungen am Metall und die Veränderungen des Gewebes bereits von Payr, Glaß, Hoffheinz und Dimitroff u. a. beschrieben sind, möchte ich über das Ergebnis sowohl meiner makroskopischen als auch mikroskopischen (ungefärbte und gefärbte Präparate)[1] Untersuchungen mehr zusammenfassend als ausführlich berichten. Eine genaue Zeitbestimmung der Resorption ist, was schon Payr betont (35, S. 87), nicht möglich, da diese von der Gewebsart und dem Blutgefäßreichtum abhängig ist; beim Menschen kann 0,1 g Magnesium in etwa 2 bis 3 bis 4 Wochen resorbiert werden. Glaß (17, S. 363) hat im Gegensatz zu Payr die Feststellung gemacht, daß die Resorption im subkutanen Gewebe schneller erfolgte als z. B. in der blutreichen Milz.

Es war zu erwarten, daß die bei den Tierversuchen

1) Damit das Magnesium in den Präparaten erhalten blieb, sind diese nicht mit Wasser behandelt worden.

Tabelle V.

| Versuch-Nr. | Tag der Einführung des Untersuchungsmaterials | Tag der Entnahme des betr. Gewebsbezirkes | Versuchsdauer in Tagen | Größenordnungen des eingeführten Materials: Durchmesser in mm an der Basis | Durchmesser in mm an der Spitze | Länge der Stifte in mm | Gew. der Stifte in mg | Sonderheiten |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **A. Magnesiumstifte.** | | | | | | | | |
| 1 | 17. 3. 31 | 18. 3. 31 | 1 | 0,28 | 0,08 | 4,27 | 0,210 | |
| 2 | 21. 3. 31 | 23. 3. 31 | 2 | 0,26 | 0,06 | 4,8 | 0,191 | |
| 3 | 19. 3 31 | 23. 3. 31 | 4 | 0,34 | 0,07 | 4,04 | 0,267 | |
| 4 | 16. 3. 31 | 23. 3. 31 | 7 | 0,25 | 0,08 | 4,25 | 0,173 | |
| 5 | 13. 3. 31 | 23. 3. 31 | 10 | 0,30 | 0,05 | 4,1 | 0,202 | |
| 6 | 5. 3. 31 | 18. 3. 31 | 13 | 0,32 | 0,1 | 3,45 | 0,228 | |
| 7 | 5. 3. 31 | 23 3. 31 | 18 | 0,27 | 0,09 | 5,0 | 0,241 | |
| 8 | 21. 2. 31 | 18. 3. 31 | 25 | 0,24 | 0,06 | 4,71 | 0,163 | |
| 9 | 16. 2. 31 | 18. 3. 31 | 30 | 0,32 | 0,11 | 5,02 | 0,344 | |
| 10 | 6. 2. 31 | 18. 3. 31 | 40 | 0,28 | 0,09 | 4,96 | 0,254 | |
| **B. Magnesiumpaste.** | | | | | | | | |
| 11 | 24. 3. 31 | 25. 3. 31 | 1 | | | | | |
| 12 | 21. 3. 31 | 23. 3. 31 | 2 | | | | | |
| 13 | 21. 3. 31 | 25. 3. 31 | 4 | | | | | |
| 14 | 18. 3. 31 | 25. 3 31 | 7 | | | | | |
| 15 | 13 3. 31 | 23. 3. 31 | 10 | in allen Fällen | | | | |
| 16 | 12 3. 31 | 25. 3. 31 | 13 | etwa 2 Tropfen | | | | |
| 17 | 5. 3. 31 | 23. 3, 31 | 18 | | | | | Gas- |
| 18 | 28. 3. 31 | 25. 3. 31 | 25 | | | | | zyste. |
| 19 | 21. 2. 31 | 23. 3 31 | 30 | | | | | Gas- |
| 20 | 11. 2. 31 | 23. 3 31 | 40 | | | | | zyste. |

verwendeten kleinen Stifte, deren Gewicht um 0,2 mg schwankte, schnell resorbiert wurden. Nach ungefähr 30 Tagen war von dem Untersuchungsmaterial nichts mehr in den Geweben vorhanden. Die mit dem Abbau des Magnesiums im Gewebe einhergehenden Reaktionen sind als Vorgänge entzündlich-reparativer Natur anzusprechen. In der Umgebung des blanden Fremdkörpers hatten sich

schon nach einem Tage Leukozyten angesammelt. Nach 4 Tagen zeigte sich eine starke Infiltration des Gewebes mit Rundzellen, die teilweise in entstandene Vertiefungen des Metalles vorgedrungen waren. Im Protoplasma der Zellen waren gelbe bis dunkelbraune Bezirke erkennbar. Es liegt nahe, daß diese durch phagozytisch aufgenommenes Magnesium oder aufgenommene Magnesiumverbindungen hervorgerufen wurden. Im Verlaufe einer Woche hatten sich

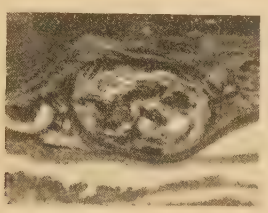


Abbildung 3.

auch vereinzelt Fremdkörperriesenzellen entwickelt. Sowohl durch Phagozytose dieser zelligen Elemente als auch durch Resorption (Fortschwemmen löslicher Magnesiumverbindungen mit dem Saftstrom) wurde der Fremdkörper dann weiter abgebaut. Als gelöste Magnesiumverbindungen sind m. E. fraglos jene gelben bis braunen Massen anzusprechen, welche sowohl in unmittelbarer Umgebung von zerfallenem Metall als auch in benachbarten und weiter entfernten Gewebsbezirken zu finden waren. Vielleicht ist diese Verfärbung auch als eine Folge weiterer Reaktion der Eiweißkörper mit Magnesiumsalzen anzusehen. Das Gewebsbild änderte sich jedoch bald durch das Auftreten von Fibroblasten. Nach gar nicht langer Zeit drängten diese zur Spindelform ausgewachsenen Bindegewebselemente die verschiedenartigen runden Zellen mehr und mehr von dem massiven Fremdkörper zurück, so daß dieser in einem späteren Stadium wie von einer fibrösen Kapsel umschlossen erschien. Aus dem Mikrophotogramm (Abb. 3) ist ersichtlich, daß ein solcher bindegewebiger Ring das schon stark zerklüftete Metall nicht eng umschließt, sondern daß er von diesem, wie der Raum zwischen dem Magnesium und Gewebe erkennen läßt, vermutlich durch

Gewebsflüssigkeit und Wasserstoffgas etwas abgedrängt wird. In dem Maße, wie der Fremdkörper allmählich immer weiter verkleinert wurde, drangen Fibroblasten zentralwärts vor, so daß schließlich an Stelle des resorbierten Metalles ein gefäßarmes Bindegewebe aufzufinden war.

Daß die Resorption des Magnesiumpulvers, welches in Form der Paste eingeführt wurde, sich in einer kürzeren Zeit vollzog, erklärt sich aus der geringen Korngröße der Teilchen und der hiervon abhängigen Verteilung und Angreifbarkeit der Masse. Schon nach 7 bis 10 Tagen war die Paste vollkommen resorbiert. Die sich hierbei abspielenden histologischen Vorgänge decken sich mit den eben bei der Resorption der Stifte beschriebenen.

In diesem Zusammenhange möchte ich noch hervorheben, daß sich in keinem der 20 Fälle Abszesse bildeten. Wie bereits erwähnt, waren während der Heilungsvorgänge weder Infektionen eingetreten, noch konnten irgendwelche Herde abakterieller Fremdkörpereiterung gefunden werden. Letztere können nach Fründ (15, S. 2323) dann eintreten, wenn die Bedingung erfüllt ist, daß verschiedene Metalle (Mantelgeschosse, vergoldete Nägel mit defektem Goldüberzug usw.) zusammen mit der Gewebsflüssigkeit ein galvanisches Element bilden. Meine negativen Befunde betreffs eitriger Einschmelzung während des Resorptionsprozesses decken sich voll und ganz mit denen von Hoffheinz und Dimitroff (22, S. 347/348); hingegen weichen sie von denen Glaß' ab (17, S. 362), der berichtet, Abszesse beobachtet zu haben.

Eine schädigende Wirkung durch den bei dem Zerfall des Magnesiums entstandenen Wasserstoff, selbst wenn dieser zur Bildung eines Wasserstoffödems führte, war nicht zu verzeichnen. Das Endprodukt der Reparation ist ein nur wenig vaskularisiertes Narbengewebe.

Über den Chemismus des Magnesiums bei der Resorption äußert Payr, daß sowohl der Sauerstoff des Blutes als auch der Wassergehalt des Gewebes zu einer Oxydation beitragen. Der freiwerdende Wasserstoff wird von dem Blute aufgenommen und mit der Ausatmungsluft ausgeschieden (36, S. 737). Eine wichtige Rolle spricht Payr ferner dem Kohlendioxyd zu, welches die oxydativen Ver-

bindungen des Magnesiums in doppeltkohlensaure Magnesia überführt. Hoffheinz und Dimitroff (22, S. 351) glückte auf mikrochemischem Wege der Beweis, daß im Gewebe Magnesiumkarbonat vorhanden war. Das schwach lösliche Magnesiumkarbonat geht bei Anwesenheit von Kohlensäure (Blut) leicht in basisches Magnesiumkarbonat über, welches wasserlöslich ist.

Die Laboratoriumsversuche von Glaß (17, S. 359/60) über die Auflösung des Magnesiums durch menschliches Blut und andere Lösungen verliefen bedeutend langsamer als die Resorption des Metalles im lebenden Gewebe. Es ist dieses eine ganz erklärliche Erscheinung. Während im Reagenzglas dieser oder jener den Abbau des Magnesiums fördernde Faktor bald erschöpft sein mag (z. B. $CO_2$-Gehalt), findet im lebenden Gewebe außer der phagozytierenden Zelltätigkeit ein ständiger Gas- und Flüssigkeitsaustausch statt, was zu einer Beschleunigung des Abbaues wesentlich fördernd beitragen dürfte.

Auf Grund aller bisherigen Ergebnisse konnte nun ohne Bedenken an das Füllen von Zähnen im Munde gegangen werden. Ich möchte zuvor jedoch betonen, daß ein abschließendes Urteil aus diesen Versuchen nicht gefällt werden kann, da erstens die Anzahl der Fälle und zweitens die Beobachtungszeit beschränkt war. Zur Füllung wurden nur solche Zähne ausgewählt, die aus irgendwelchen Gründen (wegen prothetischer Maßnahmen oder pathologischer Veränderungen) später entfernt werden mußten. Dadurch wurde es möglich, das Material einer Nachuntersuchung zu unterziehen. Nur schwer waren Patienten, bei denen dieser oder jener Zahn extrahiert werden sollte, für die Füllversuche zu gewinnen, weil ihnen durch dieses „zwecklose Unternehmen nur Schaden zugefügt werden würde". Da die Beobachtungszeit nur wenig über einen Monat ausgedehnt werden konnte, war es nur möglich, die allerersten klinischen Erscheinungen und Veränderungen des Materials festzustellen. Bei diesen Untersuchungen versagte allerdings eine wertvolle Untersuchungsmethode, und zwar die Röntgenkontrolle.

Das Röntgenbild ist in der Zahnheilkunde nicht nur

ein Hilfsmittel in der Diagnostik, sondern es gibt uns auch die Möglichkeit, unsere Arbeit zu kontrollieren, was bei der Wurzelbehandlung und Füllung von großem Wert ist. Bei sonst gleichen Eigenschaften wird man daher immer dasjenige Medikament zur Wurzelfüllung vorziehen, welches auf dem Röntgenbild einen guten Schatten liefert. Da eine Verschattung von dem Absorptionsvermögen des durchstrahlten Materials an Elektronen abhängt, und dieses im allgemeinen mit dem spezifischen Gewicht der Stoffe größer

Nr. 1 2 3

Abbildung 4.

wird, konnte von vornherein angenommen werden, daß der röntgenographische Effekt einer Magnesiumwurzelfüllung nur gering sein würde. Die geringe Verschattung der Magnesiumstifte ist praktisch von keiner Bedeutung, denn bei einem in einen Zahnwurzelkanal eingeführten Magnesiumstift wird dessen Schatten durch die hohe Absorptionsfähigkeit des Dentins überdeckt (Abb. 4, Nr. 1). Bei einem Zahn im Munde werden die Röntgenstrahlen außerdem noch vom Kieferknochen und von Weichteilen absorbiert. Ein positives Ergebnis einer Sichtbarmachung des Magnesiums auf dem Wege der Röntgenphotographie ist in diesem Falle nicht zu erzielen.

Eine Abänderung konnte nur von einem Röntgenkontrastmittel, welches der Paste beizugeben war, erhofft werden. Als solches wurde das Abrodil gewählt, ein Körper, der besonders zur röntgenologischen Darstellung der Nieren und Harnwege (intravenöse Injektion) Anwendung findet. Dieses Kontrastmittel besitzt einen Jodgehalt von 52 % und ist in Wasser zu 70 % löslich (2, S. 206). Das Volumen des

der Paste zugesetzten Abrodils war bei den im nachstehenden Rezept angeführten Gewichtszahlen annähernd das gleiche wie das des Magnesiumpulvers:

| | | |
|---|---|---|
| Rp. | Magnesium met. subtil. pulv. | 1,0 |
| | acid. bencoic. subtil. | 0,1 |
| | Abrodili | 1,7 |
| | Glycerini anhydr. | 2,0 |

Der erwünschte Erfolg, durch Zugabe dieses Kontrastmittels eine gute Zeichnung der Wurzelfüllung auf dem Röntgenbilde zu erhalten, blieb jedoch aus. Bei extrahierten nur mit Paste gefüllten Zähnen läßt das Röntgenbild eine Kontrolle über die Vollständigkeit der Wurzelfüllung zu (Abb. 4, Nr. 2). Bei Zähnen im Munde trägt aber auch hier wieder die Verschattung der gesamten die Pastenfüllung überdeckenden Gebilde zu einem Undeutlichwerden des Füllmaterials bei. Durch Einschieben eines oder mehrerer Magnesiumstifte in einen mit Paste vorgefüllten Kanal wird aber je nach dem Grade der Ausfüllung durch festes Material wieder ein Teil der Paste aus dem Wurzelkanal herausgepreßt, wodurch die schattengebende Substanz bedeutend vermindert wird. Schon bei einem eingeführten Stift ist dieses beispielsweise in der Abbildung 1 Nr. 3 an einem gefülten extrahierten Zahne sichtlich, indem etwa in der Mitte des Wurzelkanals ein schmaler Strich von dem Magnesiumstift gezeichnet ist, der beiderseitig von einem von der Paste herrührenden Schatten umgeben ist. Klaren Aufschluß, ob es uns gelungen ist, bei Anwendung der kombinierten Magnesiumwurzelfüllung metallisches Magnesium vom Kanal aus durch das Foramen zu treiben, gibt uns das Röntgenbild selbst bei Anwendung dieses Kontrastmittels nicht.

Sicherlich würde mit Schwermetallsalzen (z. B. Bariumsulfat) ein besseres Resultat erzielt werden können. Damit wäre aber gegen die geforderte Bedingung, daß alle verwendeten Substanzen resorbierbar seien, verstoßen. Infolgedessen wurde keine Änderung vorgenommen.

Über die Vorbehandlung der Zähne ist kaum etwas Besonderes zu sagen. Das Erweitern der Kanäle erfolgte auf mechanischem Wege mit Rattenschwanzfeilen und Aufreibern. In einem Falle, bei dem versucht wurde, den im

apikalen Wurzelabschnitt gekrümmten unwegbaren mesialen Kanal eines ersten unteren Molaren mit einem Beutelrockbohrer durchgängig zu machen, bahnte sich der feine Bohrer seinen eigenen Weg. Auf dem Röntgenbild ist von einer fosse route nichts zu sehen. Daß die Wurzel perforiert war, zeigte sich erst nach der Extraktion (Abb. 5).

Abbildung 5.

Die Paste wurde mittels Millernadel in die Kanäle eingeführt. Waren die Kanäle aufgefüllt, dann wurden die Stifte so weit vorgeschoben, bis die Patienten Schmerz verspürten. Mit mäßigem Druck wurden sie dann noch ein weiteres Ende in den Kanal hineingedrückt, so daß die Magnesiumspitzen das Wurzelloch passiert haben mußten. Die Nachuntersuchungen an den extrahierten Zähnen bestätigten dieses. Um nach der später erfolgten Extraktion ein möglichst unverändertes Bild des Kanalinnern sehen zu können, wurden die Wurzeln der Länge nach in zwei Teile gesprengt. Für photographische Aufnahmen sind die Wurzelspitzen plan geschliffen worden. Das Stiftmaterial, welches vor dem Schleifprozeß vorsichtig aus den Kanälen herausgenommen wurde, konnte nach diesem wieder in seine ursprüngliche Lage gebracht werden; die Paste wusch sich beim Arbeitsgange aus.

Bei einem Teil der Patienten traten in den ersten Tagen im Anschluß an die Behandlung Schmerzen auf, die m. E. in erster Linie auf das durch die Manipulation ge-

setzte Trauma im transapikalen Gewebe zurückzuführen sind. Vielleicht wurde auch in diesem oder jenem Falle etwas Paste durch das Wurzelloch gepreßt. Die Schmerzen hörten nach wenigen Tagen auf, und die Zähne blieben dann reaktionslos (siehe Krankenberichte ab S. 38). Es besteht kein Zweifel darüber, daß die Abweichung beim Fall 3 und 13 ohne Frage mit der Infektion von $\overline{1}$ (siehe Fall 13) in Zusammenhang gestanden hat. Die auf Druck eintretenden Schmerzen beim Fall 5 werden durch die schon vor der Behandlung vorhandene starke Lockerung des Zahnes erklärlich. Der Zahn konnte um einen kleinen Betrag in die Alveole hineingedrückt werden, wobei dann fraglos die Spitze des Magnesiumstiftes, solange sie noch nicht resorbiert war, in dem umgebenden Gewebe einen Schmerz auslöste. Frische Paste, welche zum Füllen der Zähne genommen wurde, löste bei den Patienten in den ersten Tagen ein eigentümliches Knacken aus, ohne daß Schmerzen hiermit verbunden waren. Als Ursache hierfür dürfte wohl eine Wasserstoffentwicklung anzusehen sein, so daß die gebildeten Bläschen entsprechend einer weiteren Drucksteigerung durch das Foramen hindurchgepreßt wurden. Die Nachuntersuchung ergab, daß eine Umwandlung des in dieser Paste enthaltenen Magnesiums stattgefunden hatte. Schon nach kürzerer Zeit konnte eine Niederschlagsbildung besonders in der Gegend des Wurzelloches wahrgenommen werden. Nach längerem Verbleiben im Kanal war die gesamte Paste weißlich verändert und zeigte makroskopisch erkennbare kleinste Hohlräume und Poren. Wurde ältere Paste verwandt, die schon, bevor sie zur Füllung genommen wurde, sich weißlich verfärbt hatte (Oxydation des Magnesiums), so war diese Erscheinung des Knackens nicht zu konstatieren. Auch war diese Paste im Wurzelkanal nicht von irgendwelchen Bläschen durchsetzt, sondern sie füllte auch nach längerer Zeit den Kanal einwandfrei aus.

Die Resorption der Magnesiumstifte ließ sich wie im Tierexperiment, so auch hier zeitlich gut verfolgen. Schon nach einigen Tagen erschienen die durch das Foramen durchgestoßenen Spitzen ein wenig korrodiert. Nach etwa 3—4 Wochen war der Abbau der Stifte bis zum Foramen erfolgt. Im Wurzelkanal hatten sich die Stifte, abgesehen

von einer grauen Verfärbung, nicht wesentlich verändert. Allerdings war es in den Fällen, in denen frische Paste zum Füllen genommen wurde, anscheinend zu einer stärkeren Korrosion gekommen; es handelt sich hier jedoch um Anlagerung von Umwandlungsprodukten der Paste. So erkennt man z. B. an dem Stift, der in Abb. 1 unter Nr. 4 wiedergegeben ist, daß die Spitze des Stiftes teilweise resorbiert ist, und daß besonders an dem im Gewebe gelegenen Teil Zersetzungsprodukte der Paste angelagert sind. Der Stift befand sich 19 Tage im Wurzelkanal. Unter Nr. 2 desselben Positives ist ein Stift abgebildet, der mit Paste, die schon alt war (Mg. oxydiert), 27 Tage im Wurzelkanal verblieb. Die Spitze ist bis zum Foramen resorbiert; im Wurzelkanal ist der Stift wenig angegriffen (Fall 6).

Am Wurzelloch schien immer eine Stockung in der Resorption einzutreten, denn der Abbau des Metalles war nur selten ein kleines Stück in das Foramen hinein erfolgt. Bei einigen extrahierten Zähnen wollte es der Zufall, daß am Apex kleine Gewebsstückchen haften blieben. Die mikroskopische Untersuchung ergab nur, daß sich das Gewebe in einem entzündeten Zustand befand. Ein genaues Bild über die Anordnung der bindegewebigen und zelligen Elemente konnte allerdings aus dem zugänglichen Untersuchungsmaterial nicht gewonnen werden. Wenn auch bei einer Wurzel das Foramen apicale weitgehend von Bindegewebe eingeengt war, so möchte ich aus diesem einen Befunde doch nicht den Schluß ziehen, daß eine Heilung durch Vernarbung erfolgte (Fall 4). Ein ähnliches Bild konnte beim Fall 3 beobachtet werden.

## KRANKENBERICHTE.

FALL 1. Pat. R. 47 J. $\overline{6}|$ Pulpitis. Zahnfleisch bedeutend retrahiert. — 25. 4. 31. Arsen. — 27. 4. 31. Pulpa exstirpiert; beide Kanäle erweitert; distaler schwer zugänglich, Beutelrockbohrer. Trikresol-Formalin-Einlage. — 30. 4. 31. Wurzelfüllung mit Magnesiumpaste (alt) und mit je einem Magnesiumstift pro Kanal. Verschluß mit Phosphatzement. — 30. 4. bis 5. 5. 31. Spontane zuweilen heftige Schmerzen von kürzerer Dauer; besonders am 1. 5. 31. Dann geringe Perkussionsempfindlichkeit. —

Ab 6. 5. 31. Ohne klinischen Befund. — 11. 6. 31. Extraktion. Heilungsverlauf der Extraktionswunde ohne Störung. — Befund nach 42 Tagen: Die Stifte füllen den Wurzelkanal im apikalen Drittel gut aus. Stift im distalen Kanal ist ein wenig bis ins Foramen hinein resorbiert (mikroskopisch erkennbar). Mesiale Wurzel ist mit Beutelrockbohrer perforiert. Abbildung 5. Paste im oberen Drittel nur wenig vorhanden, da die Stifte den Wurzelkanal ausfüllen. Zum Kronenteil hin füllt sie den Raum zwischen Stift und Kanalwand einwandfrei aus. Im Foramen des distalen Kanals und an der Perforationsstelle der mesialen Wurzel ist sie resorbiert.

FALL 2. Pat. J. 51 J. $\overline{|8}$ Gangrän. — 26. 4. 31. Reinigung und Erweiterung des Kanals. Behandlung der gangränösen Wurzel mit Königswasser, Hypochlorit usw.; Einlage: Trikresol-Formalin. — 28. 4. 31. Behandlung wie am 26. — 2. 5. 31. Wurzelfüllung ein Magnesiumstift; Zementverschluß. Die leichten Schmerzen nach dem Durchstoßen des Stiftes verschwanden bald, der Zahn blieb dann reaktionslos. — 1. 6. 31. Extraktion. Heilung. — Befund nach 30 Tagen: Stift ist bis etwas in den Kanal hinein resorbiert und füllt den Kanal massiv aus.

FALL 3. Pat. S. 32 J. $\overline{|3}$ Gangrän. — 28. 4. 31. Kanal gereinigt. Gangränbehandlung wie oben. Einlage von Trikresol-Formalin. — 2. 5. 31. Wie am 28. 4. — 5. 5. 31. Wurzelfüllung mit Mg.-Paste (alt). Zementverschluß. — 6. 5. 31. Geringe Schmerzempfindung beim Aufbiß, die vom 7.—8. 5. 31. nachließ. — Ab 11. 5. 31. o. B. — 30. 5. bis 1. 6. 31. Gegen Druck sehr empfindlich, bedingt durch eine am 28. 5. vorgenommene Extraktion von $\overline{|1}$ mit anschließender Infektion der Wunde (siehe auch Fall 13). — Ab 2. 6. 31. o. B. — 12. 6. 31. Extraktion. Heilung. Befund nach 38 Tagen: Resorption der Paste bis etwa 1 mm weit in den Kanal hinein, in diesem Teil finden sich zellige und gewebige Massen; der übrige Teil des Kanals ist gut von der Paste ausgefüllt.

FALL 4. Pat. B. 29 J. $\overline{|3}$ Alte Wurzelfüllung. — 4. 5. 31. Wurzelkanal gereinigt und erweitert. Wurzelfüllung mit Mg.-Paste (frisch) und 2 Stiften. — 5. u. 6. 5. 31. Pat. berichtet, er habe hin und wieder ohne irgendwelche äußere Anlässe ein eigentümliches Knacken im Wurzelspitzengebiet verspürt. Schmerzen traten dabei nicht auf. Diese Erscheinung hörte am 7. 5. auf. — Ab 8. 5. 31. Ohne Befund. — 17. 5. 31. Extraktion. Heilung. —

Befund nach 33 Tagen: Apex teilweise resorbiert. Foramen apikale weit, Stifte wenig bis in den Kanal hinein resorbiert. Paste im Wurzelkanal weißlich verändert und porös. Gewebsmassen engen das Wurzelloch ein.

FALL 5. Pat. M. 38 J. |III Pulpenkavum mit sekundärem Dentin ausgefüllt, Zahn sehr stark gelockert, kein Perkussionsschmerz. — 6. 5. 31. Trepanation. Stark verengter Wurzelkanal wurde erweitert und gereinigt. Wurzelfüllung: ein Mg.-Stift, Zement. — 7.—11. 5. 31. Pat. verspürt beim Aufbiß, überhaupt bei großem Druck in Richtung der Zahnachse einen stechenden Schmerz, der mit Aufhören des Druckes schwindet. Seitlicher auch starker Druck löst keinen Schmerz aus. — Ab 12. 5. 31. o. B. — 28. 5. 31. Extraktion. Heilung. — Befund nach 22 Tagen: Stift resorbiert, schneidet am Apex scharf ab.

FALL 6. Pat. B. 29 J. |5 Gangrän. — 7. 5. 31. Reinigung des Kanals, Gangränbehandlung, Einlage von Trikresol-Formalin. — 9. 5. 31. Wie am 7. 5. — 11. 5. 31. Wurzelfüllung Mg.-Paste (alt) und 1 Mg.-Stift. Zement. — 13. 5. bis 15. 5. 31. Perkussion löst einen nur ganz schwachen Schmerz aus. — Ab 16. 5. 31. o. B. — 7. 6. 31. Extraktion. Heilung. — Befund nach 27 Tagen: Stift schneidet mit dem Foramen ab und zeigt im Wurzelkanal ganz geringe Veränderungen. Abbildung 1, Nr. 3.

FALL 7. Pat. M. 38 J. 2| Alte Wurzelfüllung. — 7. 5. 31. Kanal gereinigt und erweitert. Wurzelfüllung: Mg.-Paste (frisch) und ein Mg.-Stift. - 8. 5. bis 10. 5. 31. Gegen Druck unempfindlich, Pat. verspürt zuweilen ein „leises Ziehen". — Ab 12. 5. 31. o. B. — 5. 6. 31. Extraktion. Heilung. — Befund nach 29 Tagen: Stift bis zum Foramen apicale resorbiert. Paste teilweise weißlich umgewandelt und zeigt schwache Porenbildung.

FALL 8. Pat. R. 47 J. 5| Gangrän. — 8. 5. u. 11. 5. 31. Gangränbehandlung. Einlage Trikresol-Formalin. — 13. 5. 31. Wurzelfüllung: Mg.-Paste (alt) und ein Mg.-Stift. Zement. Der Zahn bleibt reaktionslos. — 16. 6. 31. Extraktion. Heilung. — Befund nach 34 Tagen: Stift bis zum Foramen resorbiert; füllt den apikalen Teil des Kanals aus und endet im Foramen wie abgeschnitten. Paste unverändert.

FALL 9. Pat. N. 26 J. 2| Alte Wurzelfüllung. — 9. 5. 31. Erweiterung und Reinigung des Kanals. Anschließend Wurzelfüllung: Mg.-Paste (frisch) und ein Mg.-Stift. Zement. — 10. bis

14. 5. 31. „Knacken". Schmerzen treten nicht auf . – Ab 15. 5. 31 o. B. — 28. 5. 31. Extraktion. Heilung. — Befund nach 19 Tagen: Stift außerhalb des Foramens durch Zersetzungsprodukte stark kolbig verdickt. Im Kanal sind die Anlagerungen geringer, die Korrosion ist wenig vorgeschritten. Paste bis zur Hälfte des Wurzelkanals (vom Foramen aus gerechnet) weißlich verändert. In der Nähe des Wurzelloches ist sie porös.

FALL 10. Pat. N. 26 J. |1 Wurzel gefüllt. — 11. 5. 31. Reinigung des Kanals. Anschließend Wurzelfüllung mit Mg.-Paste (alt) und zwei Mg.-Stiften. Keine klinischen Erscheinungen. — 21. 5. 31. Ektraktion. Heilung. — Befund nach 10 Tagen: Stifte etwas resorbiert. Die aus dem Foramen hervorragenden Spitzen sind abgerundet. Im Kanal sind die Stifte abgesehen von einer grauen Verfärbung nicht verändert. Paste füllt den Zwischenraum zwischen Stiften und Kanalwand gut aus.

FALL 11. Pat. N. 26 J. alt. 1| Gangrän. — 11. 5. und 13. 5. 31. Gangränbehandlung. Einlage mit Trikresol-Formalin. — 16. 5. 31. Wurzelfüllung. Mg.-Paste (alt) und ein Mg.-Stift. Zement. — 17. 5. 31. Ganz schwach druckempfindlich. — Ab 19. 5. 31. o. B. — Ab 28. 5. 31. Extraktion und Heilung. — Befund nach 16 Tagen: Stift nicht ganz bis zum Foramen resorbiert. Im Kanal ist der Stift grau „angelaufen". Paste im ganzen Kanal unverändert, sie liegt der Kanalwand gut an.

FALL 12. Pat. N. 26 J. |2 Gangrän. — 11. 5. u. 13. 5. 31. Gangränbehandlung. Einlage: Trikresol-Formalin. — 16. 5. 31. Wurzelfüllung: Mg.-Paste (frisch) und zwei Mg.-Stifte. Zement. — 17. 5. u. 18. 5. 31. Geringe Schmerzen. Außerdem: „Knacken". — 21. 5. 31. Extraktion. Heilung. — Befund nach 5 Tagen: Resorptionserscheinungen an der Wurzel. Wurzelloch weit. Beide durchgestoßenen Stifte zeigen außerhalb des Kanals Resorptionsveränderungen. Die Spitzen sind abgerundet und an dem Metall sind Vertiefungen zu erkennen. Der Teil der Stifte im Kanal ist schwach grau verfärbt. Die Paste ist am Foramen ein wenig weißlich verfärbt, sie füllt den Kanal gut aus.

FALL 13. Pat. S. 32 J. |2 Per. chron. gran. Stark auf Druck empfindlich. – 14., 16. u. 20. 5. 31. Einlagen: Jothion; Jodthion; Karbol-Kampher. — 23. 5. 31. Wurzelfüllung: Mg.-Paste (alt) und zwei Mg.-Stifte. Zement. — 25. u. 26. 5. 31. Mäßiger Druck löst Schmerz aus. — 27. 5. 31. Schmerzreaktion tritt

nur bei stärkstem Klopfen ein. — (28. 5. 31. Extraktion von $\lfloor 1$ 29. 5. 31. Schmerzen im Frontzahngebiet des Unterkiefers, $\lfloor 2$ empfindlich. 30. 5. 31. Stark anhaltende Schmerzen; $\lfloor 2$ reagiert auf leichteste Berührung, $\lfloor 3$ gleichfalls in Mitleidenschaft gezogen [siehe auch Fall 3]. Regionäre Lymphdrüsen sind vergrößert und druckempfindlich. Thrombus in Alveole von $\lfloor 1$ ist schmierig und riecht faulig. Infectio post extractionem. — Stammanästhesie des Nervus mandibularis. Auskratzung der Alveole von $\lfloor 1$ Ektraktion von $\lfloor 2$ Nachbehandlung: Entzündungserscheinungen gehen zurück. — Heilung.) — 30. 5. 31. Extraktion. Heilung. — Befund nach 7 Tagen: Ein Stift sieht aus dem Foramen hervor, der andere endet im Foramen. Beim ersteren ist die Spitze resorbiert, der Metallglanz beider Stifte ist auch an dem im Kanal gelegenen Teil durch einen grauen Anflug verdrängt. Die Pastenfüllung ist einwandfrei.

In der Einleitung wurde gesagt, daß beim Füllen der Wurzeln in einem unsichtbaren Gebiet gearbeitet, und daß gewöhnlich zu viel oder zu wenig Füllmaterial in den Kanal eingebracht wird. Die Schwierigkeit, eine Wurzelfüllung genau mit dem Foramen abschließen zu lassen, ist allgemein bekannt. Häufig wird unsere Arbeit durch Kanalverzweigungen oder Ablagerungen von Hartsubstanz im Kanal erschwert (6, S. 135; 11, S. 87/107; 18, S. 58). Daß es bei gewissenhafter Arbeit möglich ist, die Wurzelkanäle durchgängig zu machen, beweist Stein (51, S. 438) durch seine Untersuchungen an 500 im Munde präparierten Zähnen, bei denen eine Durchgängigkeit der Kanäle zu 94 % erreicht wurde. Eine Erweiterung der Kanäle ist nötig, damit möglichst alle nekrotischen Massen — ob infiziert oder nicht — aus dem Kanal entfernt werden können, da diese beim Verbleiben im Wurzelkanal durch ihre Zerfallsprodukte starke Schädigungen im periapikalen Gewebe hervorzurufen pflegen (9, S. 962; 10, S. 217 und 44, S. 43).

Von nicht geringerem schädigenden Einfluß auf das periapikale Gewebe sind durch das Foramen vorgedrungene pathogene Mikroben, deren Vorhandensein wir in jedem eröffneten Wurzelkanal annehmen müssen, da ein aseptisches Arbeiten im Munde nicht möglich ist (5, S. 195;

7, S. 585; 12, Sp. 1579; 31, S. 383; 43, S. 333; 44, S. 42). Zur Bekämpfung der Bakterien können wir auf die Anwendung von Desinficientia nicht verzichten (16, S. 669). Wenden wir diese in solcher Konzentration an, daß eine Abtötung der Bakterien erreicht wird, dann ist eine Gewebsschädigung nicht ausbleiblich (33, S. 394). Das, was wir mit Antisepticis bei gleichzeitiger Schonung des Gewebes erreichen können, ist bestenfalls eine Keimarmut, indem eine Vermehrung der Keime hintangehalten wird. Es ist besser, auf diese Weise die natürlichen Abwehrkräfte des Körpers (z. B. Phagocytose) in der Bekämpfung der Mikroorganismen zu unterstützen als durch Medikamente hoher Konzentrationen periapikal Nekrosen zu schaffen, so daß die Resistenz des Organismus gerade in dem Gebiete geschwächt wird, wo sie gesteigert sein sollte.

Auch durch anhaltenden Fremdkörperreiz können Gewebsschädigungen verursacht werden (8, S. 472). Ist jedoch der Fremdkörper leicht resorbierbar, so hört der Reiz nach der vollzogenen Resorption des Fremdkörpers auf, und eine Schädigung des Gewebes tritt nicht ein. Daß resorbierbare Körper zur Wurzelfüllung schon mit Vorteil verwendet worden sind, wissen wir von Sauer (46, S. 374), der das Catgut, und von Schröder (49, S. 172), der das Elfenbein in Anwendung brachte.

Soweit aus den angestellten Untersuchungen hervorgeht, erfüllt die kombinierte Magnesiumwurzelfüllung durchaus ihren Zweck. Durch das Foramen getriebenes Material wird in kurzer Zeit resorbiert, das Gewebe wird in seiner Funktion nicht geschwächt, sondern zu erhöhter reparativer Tätigkeit angeregt. Die Resorption verläuft, was auch Payr (38, S. 506; 37, S. 53; 41, S. 974) verschiedentlich betont, vollkommen störungsfrei.

Zusammenfassend ist über das Magnesium als Wurzelfüllung zu sagen:

Die Bearbeitung des Materials für Wurzelfüllzwecke bietet keine Schwierigkeiten.

Das Füllen der Zähne mit Magnesiumpaste und -stift ist leicht ausführbar. Eine Bruchgefahr der Magnesium-

stifte besteht nicht. Der Wurzelkanal wird einwandfrei ausgefüllt, und die Paste liegt der Kanalwand gut an.

In wässerigen Lösungen tritt eine Umwandlung des Magnesiums ein, wobei Wasserstoffgas entwickelt wird. Durch Zusatz von Säuren, Alkalien und Salzen wird diese Reaktion gesteigert.

Eine oligodynamische Wirkung wird vom Magnesium entfaltet; sie ist jedoch gering.

Bei Mäusen subkutan implantierte Magnesiumstifte wurden in einem Monat vollkommen resorbiert. Der Abbau des Magnesiums erfolgt durch Zelltätigkeit und Resorption. An Stelle des resorbierten Metalles wird eine Narbe gebildet.

Röntgenstrahlen durchdringen das Magnesium ohne große Intensitätsschwächung. Bei Zahnfüllungen ist der röntgenographische Effekt durch das Magnesium praktisch nicht auswertbar. Klinische Versuche ergaben, daß die Resorption des Magnesiums im periapikalen Gewebe ohne Störung verläuft. Der Abbau durchgestoßener Stifte erfolgt bis zum Foramen apikale etwa in 3—4 Wochen.

Die Frage, ob sich das Magnesium als Dauerfüllung bewährt, und ob ein Verschluß des Wurzelloches durch Narbe oder Zement erfolgt, kann auf Grund der angestellten Versuche nicht beantwortet werden. Hierzu wäre es außer einer langen Beobachtungszeit nötig, die Versuchsanordnung so zu gestalten, daß Zähne, ohne aus ihrem Zusammenhang mit dem Alveolarknochen gelöst zu sein, histologisch untersucht werden könnten.

---

Zum Schluß meiner Arbeit möchte ich meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. Moral, sowohl für die Überlassung des Themas als auch für das der Arbeit entgegengebrachte Interesse, meinen aufrichtigen Dank aussprechen.

Ferner möchte ich nicht verfehlen, Herrn Prof. Dr. Poppe für die gütige Überlassung des Materials zu den bakteriologischen Untersuchungen ergebenst zu danken.

Gleichfalls danke ich Herrn Dr. Busch für die liebenswürdige Förderung bei der Ausführung der bakteriologischen Untersuchungen.

## LITERATUR-VERZEICHNIS.


1. Acél, D.: Über die oligodynamische Wirkung der Metalle. Biochem. Ztschr. Berlin 1920. Bd. 112, S. 23.
2. Bronner, H., Hecht, G. und Schüller, J.: Ausscheidungs-Pyelographie mit „Abrodil". Fortschr. a. d. Gebiete der Röntgenstrahlen. Leipzig 1930, Bd. 42, S. 206.
3. Chlumsky, V.: Über die Wiederherstellung der Beweglichkeit des Gelenkes bei Ankylose. Ctrbl. f. Chir. Leipzig 1900, Jg. 27, Nr. 27, S. 921.
4. Falta, W. und Richter-Quittner, M.: Über die sogenannte oligodynamische Wirkung von Schwermetallen und Schwermetallsalzen. Biochem. Zeitschr. Berlin 1921, Bd. 115, S. 39.
5. Feiler, E.: Die rationelle Therapie der Erkrankungen der Pulpa und des apikalen Paradentiums. Dtsch. zahnärztl. Wschr. Berlin 1931. Jahrg. 34, Nr. 4, S. 193.
6. Feiler, E.: Erkrankungen der Wurzelhaut. Fortschr. d. Zhlk. Leipzig 1925, Bd. I, Teil 1, S. 134.
7. Feiler, E.: Wurzelfüllungsmethoden. Fortschr. d. Zahnheilk. Leipzig 1925, Bd. I, Teil 1, S. 584.
8. Feiler, E.: Wurzelfüllungsmethoden. Fortschr. d. Zahnheilk. Leipzig 1927, Bd. III, Teil 1, S. 466.
9. Feldmann, G.: Weitere Prüfungen der Wirkung von Arzneimitteln auf das Periodont. Dtsch. Monatsschrift f. Zahnheilk. Berlin 1927, Jahrg. 45, H. 22, S. 945.
10. Feldmann, G.: Biologische Prozesse im periapikalen Gewebe nach Pulpaexstirpationen und Amputationen. Dtsch. Monatsschr. f. Zahnheilk. Berlin 1929, Jahrg. 47, H. 4, S. 186.
11. Fischer, G.: Der heutige Stand der Wurzelbehandlung mit Rücksicht auf die feinere Anatomie menschlicher Wurzelkanäle, insbesondere am Foramen apicale.

Dtsch. Monatsschr. f. Zahnheilk. Berlin 1912, Jahrg. 30, S. 81.
12. Fischer, G.: Ziele und Möglichkeiten der modernen Wurzelbehandlung. Zahnärztl. Rdsch. Berlin 1929, Jahrg. 38, Nr. 43, Sp. 1753, Nr. 44, Sp. 1797.
13. Freundlich, H. und Söllner, K.: Zur Erklärung der oligodynamischen Wirkung. Ref. Krüger: Chem. Zentralbl. Berlin 1929, Jahrg. 100, Bd. 1, S. 2627.
14. Frick, M.: Über die Verwendung des Magnesiums bei der Wurzelfüllung. Diss. Rostock 1922.
15. Fründ, H.: Die Ursachen der Vereiterung implantierter Metallgegenstände bei Fixation von Knochenbrüchen und Knochenoperationen. Zentralbl. f. Chirurg. Leipzig 1926. Jahrg. 53, Nr. 37, S. 2322.
16. Gelman, S. G.: Periapikale Erkrankungen und die Krisis der konservierenden Zahnheilkunde. Zahnärztl. Rdsch. Berlin 1929. Jahrg. 38, Nr. 16, Sp. 665, Nr. 17, Sp. 705.
17. Glaß, E.: Klinische und experimentelle Untersuchungen über die Payrsche Magnesiumfeilbehandlung von Angiomen. Dtsch. Zeitschr. f. Chir. Leipzig 1925, Bd. 193, S. 352.
18. Hatton, E. H., Skillen, W. G. and Moen, O. H.: Histologic findings in teeth with treatet and filled root canals. J. Amer. Dent. Assoc. Chicago 1928. Vol. 15, Nr. 1, P. 56.
19. Herbst: Die Hin- und Herbiegeversuche für Förderseildrähte. Ztschr. f. d. Berg-, Hütten- und Salinenwesen, Berlin 1925, Sonderheft 4, S. 648.
20. Herzberg, K.: Die Beteiligung des Sauerstoffes bei der oligodynamischen Metallwirkung. Ref. Spiegel: Chem. Zentralbl. Leipzig-Berlin 1923, Jahrg. 94, Bd. III, S. 75.
21. Höpfner, E.: Über Gefäßnaht, Gefäßtransplantationen und Replantationen von amputierten Extremitäten. Arch. f. klin. Chir. Berlin 1903, Bd. 70, S. 417.
22. Hoffheinz, S. und Dimitroff, N.: Experimentelle Studie über die Resorption parenteral zugeführten metallischen Magnesiums. Dtsch. Zeitschr. f. Chir. Leipzig 1928, Bd. 208, Heft 1, S. 346.
23. Hoffmann, K. A.: Lehrbuch der organischen

Chemie. Verlag F. Vieweg u. Sohn, Braunschweig 1919, S. 443.
24. Hübscher, C.: Blutige Lösung der ankylosierten Kniescheibe. Interposition von Magnesiumblech. Corr.-Bl. f. Schweiz. Ärzte, Basel, 1901, Jahrg. 31, Nr. 24, S. 785.
25. Kaufmann, H. P.: Benzoesäure als Desinfektionsmittel. Ref.: Jung. Chemisches Zentralblatt. Berlin 1919, Jahrg. 90, Bd. 3, S. 345.
26. Klemperer, G. und Rost, E.: Handbuch der allgemeinen und speziellen Arzneiverordnungslehre für Ärzte. Verl. J. Springer, Berlin 1929, Aufl. 15, S. 71.
27. Laubenheimer, K.: Über die Einwirkung von Metallen und Metallsalzen auf Bakterien und Bakteriengifte. Versuche zur praktischen Verwertung der oligodynamischen Wirkung von Metallen. Ref. Borinski. Chem. Zentralbl., Leipzig-Berlin 1921, Jahrg. 92, Bd. 1, S. 848.
28. Leitner, N.: Oligodynamie — eine Metallionenwirkung. Klin. Wchschr. Berlin-München 1929, Jahrg. 8, Nr. 42, S. 1952.
29. Marfori, P.: Lehrbuch der klinischen Pharmakologie. Verlag C. Kabitsch, Leipzig 1928, S. 312.
30. Möller, R.: Experimentelle Beiträge zu den modernen Wurzelfüllungsmethoden. Dtsch. Zahnheilk. in Vortr. Leipzig 1914, H. 33, S. 4.
31. Moral, H.: Wurzelbehandlung. Handbuch der Zahnheilkunde. Verlag I. F. Bergmann, München 1925, Bd. 2, S. 327.
32. Müller, O.: Wurzelfüllungsmethoden. Fortschr. d. Zahnheilk. Leipzig 1929, Bd. V, Teil 1, S. 444.
33. Müller, O.: Wurzelfüllungsmethoden. Fortschr. d. Zahnheilk. Leipzig 1930, Bd. VI, Teil 1, S. 391.
34. Normenausschuß der Deutschen Industrie E. V.: Werkstoffnormen: Stahl, Eisen, Nichteisenmetalle. DIN.-Taschenbuch 4. Beuth-Verlag, Berlin 1926.
35. Payr, E.: Beiträge zur Technik der Blutgefäß- und Nervennaht nebst Mitteilungen über die Verwendung eines resorbierenden Metalles in der Chirurgie. Arch. f. klin. Chir. Berlin 1900, Bd. 62, S. 67.
36. Payr, E.: Weitere Mitteilungen über die Verwendung

des Magnesiums bei der Naht der Blutgefäße. Arch. f. klin. Chir. Berlin 1901, Bd. 64, S. 726.
37. Payr, E.: Zur Frage der zirkulären Vereinigung von Blutgefäßen mit resorbierbaren Prothesen. Arch. f. klin. Chir. Berlin 1904, Bd. 72, S. 32.
38. Payr, E.: Über Verwendung von Magnesium zur Behandlung von Blutgefäßerkrankungen. Dtsch. Zeitschr. f. Chir. Leipzig 1902, Bd. 63, S. 503.
39. Payr, E.: Zur Verwendung des Magnesiums für resorbierbare Darmknöpfe und andere chirurgisch-technische Zwecke. Zentralbl. f. Chir. Leipzig 1901, Jahrgang 28, Nr. 20, S. 513.
40. Payr, E.: Weitere Erfahrungen über die Behandlung von Blutgefäßgeschwülsten mit Magnesiumpfeilen. Centralbl. f. Chir. Leipzig 1905, Jahrg. 32, Nr. 49, S. 1335.
41. Payr, E. und Martina, A.: Experimentelle und klinische Beiträge zur Lebernaht und Leberresektion (Magnesiumplattennaht). Arch. f. klin. Chir. Berlin 1905, Bd. 77, S. 962.
42. Pfab, B.: Über die oligodynamische Wirkung der Metalle, Münch. Med. Wschr. München 1928, Jahrg. 75, Nr. 45, S. 1917.
43. Praeger, W.: Erkrankungen der Zahnpulpa. Fortschr. d. Zahnheilk. Leipzig 1930, Bd. VI, Teil 1, S. 317.
44. Rebel, H. H.: Die deutsche Methode der Wurzelbehandlung und Wurzelfüllung. Viertelj. Schr. f. Zahnheilk. Berlin 1926, Jahrg. 42, H. 1, S. 40.
45. Reinsholm, W.: Die verschiedenen Methoden für zirkuläre Vereinigung abgeschnittener größerer Arterien- und Venenstämme. Nord. Med. Ark. Afd. I. Stockholm 1902. Bd. 35, H. 3, S. 1; H. 4, S. 39; Bd. 36, H. 1, S. 107.
46. Sauer, C.: Erhaltung der Zähne mittelst Catgut nach Beseitigung einer erkrankten Pulpa. Dtsch. Vierteljahrsschr. f. Zahnheilk. Leipzig 1877, Jahrg. 17, H. 4, S. 369.
47. Saxl, P.: Über die keimtötende Fernwirkung von Metallen (oligodynamische Wirkung). Ref. Borinski: Chem. Zentr.-Bl. Berlin 1917, Jahrg. 88, Bd. 2, S. 108.
48. Schick, F. und Fischer, M.: Bakteriologische

Untersuchungen und solche über die Wirkung einiger Entkeimungsmittel. Dtsch. Monatsschr. f. Zahnheilk. Berlin 1928, Jahrg. 46, Heft 6, S. 289.
49. Schröder: Über Wurzelbehandlung und Wurzelfüllung. Zahnärztl. Rdsch. Berlin 1910, Jahrg. 19, Nr. 5, S. 171.
50. Schumacher, J.: Über oligodynamische Metallwirkung. Ref. Wolff, Chem. Zentralbl. Berlin-Leipzig 1923. Jahrg. 94, Bd. 1, S. 969.
51. Stein, G.: Untersuchungen über die Durchgängigkeit der Wurzelkanäle an 500 Zähnen. Zeitschr. f. Stom. Berlin-Wien 1929, Jahrg. XXVII, H. 5, S. 415.
52. Süpfle, K.: Über die Beteiligung des Sauerstoffs bei der oligodynamischen Metallwirkung. Klin. Wschr. Berlin-München 1929, Jahrg. 8, Nr. 41, S. 1899.
53. Szabó, J.: Experimentelle Untersuchungen über Zahnwurzelfüllungsmethoden mit besonderer Berücksichtigung des Paraffins. Oest.-Ung. Vierteljahrsschr. f. Zahnheilk. Wien 1909, Jahrg. 25, H. 3, S. 606.
54. Thoms, H.: Grundzüge der pharmazeutischen und medizinischen Chemie. Verl. I. Springer. Berlin 1921, S. 186.
55. Trebitsch, H.: Wie ist eine erfolgreiche Bekämpfung der Oralsepsis möglich? Korr.-Bl. f. Zahnärzte. Berlin 1931, Jahrg. 55, H. 2, S. 59.
56. Türkheim: Über die oligodynamische Wirkung einiger Metalle. Dtsch. Monatsschr. f. Zahnheilk. Berlin 1929, Jahrg. 47, H. 1, S. 1.
57. Wernicke, R. und Modern, F.: Die oligodynamische Wirkung des Silbers. Biochemische Zeitschrift. Berlin 1929, Bd. 214, S. 187.

## LEBENSLAUF.

Am 11. November 1903 wurde ich, Heinrich Wilhelms, Sohn des Lehrers Wilhelms, in Schwarzenhof (Meckl.) geboren. Nachdem ich die Realschule zu Rostock und die Oberrealschule zu Wismar bis Ostern 1923 besucht hatte, war ich bis zum Herbst 1925 im Bankfach tätig. Von Ostern 1926 besuchte ich die Oberrealschule zu Lübeck und legte dort Michaelis 1926 die Reifeprüfung ab. Darauf widmete ich mich dem Studium der Zahnheilkunde an der Universität zu Rostock. Im Juni 1930 erwarb ich nach bestandener Staatsprüfung die Approbation als Zahnarzt.